

# Syllabus

2020

授業要目

機械工学科  
総合工学科機械工学コース

FACULTY OF  
ENGINEERING

MIE UNIVERSITY

令和2年度 工学部行事予定表

工学部学生用

令和2年3月3日(火)～3月4日(水) 令和元年度後期成績発表
令和2年3月27日(金)～4月2日(木) 令和2年度前期履修申告(学部在学生)

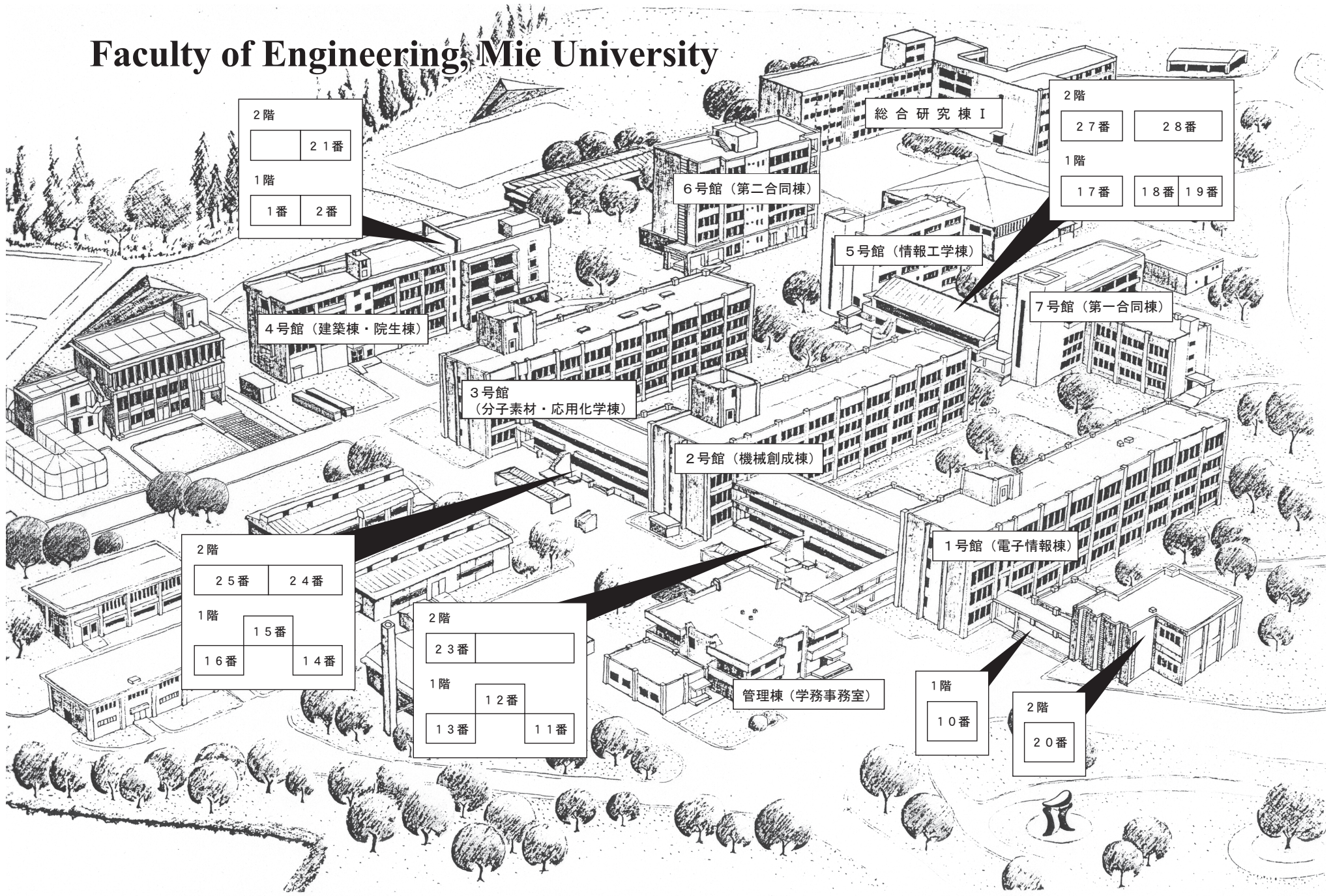
(教務関係)  
2020.2.20

4月		5月		6月		7月		8月		9月	
1 水	学部在学生前期履修申告(3/27～4/2)	1 金		1 月		1 水		1 土		1 火	
2 木		2 土		2 火		2 木		2 日		2 水	
3 金	学部新入生・編入生ガイダンス 前期履修申告(～7日)	3 日	憲法記念日	3 水		3 金		3 月	前期定期試験(～8/7) (専門/教養)	3 木	
4 土		4 月	みどりの日	4 木		4 土		4 火		4 金	後期履修申告(～9/10) (専門/教養) 前期成績発表(～9/7)
5 日		5 火	こどもの日	5 金		5 日		5 水		5 土	
6 月		6 水	振替休日	6 土		6 月		6 木		6 日	
7 火	工学部新入生健康診断	7 木		7 日		7 火		7 金		7 月	
8 水	入学式 オリエンテーション	8 金	水曜日の授業	8 月		8 水		8 土		8 火	
9 木		9 土		9 火		9 木		9 日		9 水	
10 金	前期授業開始(専門/教養)	10 日		10 水		10 金		10 月	山の日	10 木	
11 土		11 月		11 木		11 土		11 火	夏季休業(～9/30) 前期定期試験予備日 (専門/教養)	11 金	
12 日		12 火		12 金		12 日		12 水		12 土	
13 月		13 水		13 土		13 月		13 木	夏季一斉休業	13 日	
14 火		14 木		14 日		14 火		14 金		14 月	
15 水		15 金		15 月		15 水		15 土		15 火	
16 木		16 土		16 火		16 木		16 日		16 水	
17 金	前期修正申告(～4/23) (専門/教養)	17 日		17 水		17 金		17 月		17 木	
18 土		18 月		18 木		18 土	※オープンキャンパス	18 火		18 金	
19 日		19 火		19 金		19 日		19 水		19 土	
20 月		20 水		20 土		20 月		20 木		20 日	
21 火		21 木		21 日		21 火		21 金		21 月	敬老の日
22 水		22 金		22 月		22 水		22 土		22 火	秋分の日
23 木		23 土		23 火		23 木	海の日	23 日		23 水	
24 金		24 日		24 水		24 金	スポーツの日	24 月		24 木	
25 土		25 月		25 木		25 土		25 火		25 金	
26 日		26 火		26 金		26 日		26 水		26 土	
27 月		27 水		27 土		27 月		27 木		27 日	
28 火		28 木		28 日		28 火		28 金		28 月	
29 水	昭和の日	29 金		29 月		29 水		29 土		29 火	
30 木		30 土		30 火		30 木		30 日		30 水	夏季休業終了
		31 日	本学記念日			31 金	前期授業終了	31 月			

10月		11月		12月		1月		2月		3月	
1 木	後期授業開始(専門/教養)	1 日		1 火		1 金	元日	1 月		1 月	
2 金		2 月		2 水		2 土		2 火		2 火	
3 土		3 火	文化の日	3 木		3 日		3 水	後期授業終了 (専門/教養)	3 水	
4 日		4 水		4 金		4 月	冬季休業終了	4 木	後期定期試験 (専門/教養)(～2/10)	4 木	※後期成績発表(～3/5)
5 月		5 木		5 土		5 火	授業再開	5 金		5 金	
6 火		6 金		6 日		6 水		6 土		6 土	
7 水		7 土		7 月		7 木		7 日		7 日	
8 木	後期修正申告(～10/14) (専門/教養)	8 日		8 火		8 金		8 月		8 月	
9 金		9 月		9 水		9 土		9 火		9 火	
10 土		10 火		10 木		10 日		10 水		10 水	
11 日		11 水		11 金		11 月	成人の日	11 木	建国記念の日	11 木	後期日程 設営
12 月		12 木		12 土		12 火		12 金	後期定期試験予備日	12 金	個別学力検査 後期日程
13 火		13 金		13 日		13 水		13 土		13 土	
14 水		14 土		14 月		14 木		14 日		14 日	
15 木		15 日		15 火		15 金	大学入学共通テスト設営 休講	15 月		15 月	
16 金		16 月		16 水		16 土	大学入学共通テスト	16 火		16 火	
17 土		17 火		17 木		17 日		17 水		17 水	
18 日		18 水		18 金		18 月		18 木		18 木	
19 月		19 木	金曜日の授業	19 土		19 火		19 金		19 金	
20 火		20 金	大学祭準備 休講	20 日		20 水		20 土		20 土	春分の日
21 水		21 土	大学祭	21 月	12月授業終了	21 木		21 日		21 日	
22 木		22 日	大学祭	22 火	冬季休業(～1/4)	22 金		22 月		22 月	
23 金		23 月	勤労感謝の日 大学祭後片付け	23 水		23 土		23 火	天皇誕生日	23 火	
24 土		24 火		24 木		24 日		24 水	前期日程 設営	24 水	
25 日		25 水	月曜日の授業	25 金		25 月		25 木	個別学力検査 前期日程	25 木	学位記授与式
26 月		26 木		26 土		26 火		26 金		26 金	在学生 前期履修申告 (専門/教養)(～4/1)
27 火		27 金		27 日		27 水		27 土		27 土	
28 水		28 土		28 月		28 木		28 日		28 日	
29 木		29 日		29 火		29 金				29 月	
30 金		30 月		30 水		30 土				30 火	
31 土				31 木		31 日				31 水	

● ※印は不確定のもの  
● 定期試験は、原則として授業の曜日・時限で行う。

# Faculty of Engineering, Mie University



2階	
	21番
1階	
1番	2番

2階	
27番	28番
1階	
17番	18番 19番

4号館 (建築棟・院生棟)

6号館 (第二合同棟)

総合研究棟 I

5号館 (情報工学棟)

7号館 (第一合同棟)

3号館 (分子素材・応用化学棟)

2号館 (機械創成棟)

2階	
25番	24番
1階	
	15番
16番	14番

2階	
23番	
1階	
	12番
13番	11番

1号館 (電子情報棟)

管理棟 (学務事務室)

1階
10番

2階
20番

# 三重大学工学部

## 総合工学科 機械工学コース・機械工学科の学習・教育目標

### 【学習・教育の目的】

本機械工学科は、三重大学及び三重大学工学部の教育目標の考えに従い、機械工学分野を核とする広範な知識および技術を教授し、人間・環境・機械の調和的発展に貢献しうる創造性豊かで社会性の高い個性的人材を育成することを目的とする。

### 【学習・教育目標】

- (A) 自らの短所を補い、長所を伸ばし、個性に輝く技術者となる。
- (B) 科学技術の果たす歴史的・社会的役割に関する学習をとおして、社会的・国際的に広い視野、先見性、倫理観を修得する。
- (C) 英語演習や発表型・協力型演習をとおして、外国語も含むコミュニケーション能力を修得する。
- (D) 数学、自然科学、情報技術を重視した教育をとおして、工学基礎知識を修得する。
- (E) 実験・実習・演習を重視した教育をとおして、材料と構造、運動と振動、エネルギーと流れ、情報と計測・制御、設計と生産、機械とシステムなどの機械工学の主要専門分野について、基礎知識とその応用力を修得する。
- (F) 実験・実習をとおして、モノづくりのための設計技術・感覚などのデザイン能力・創造性を修得する。
- (G) 実践的学習の場としての卒業研究をとおして、機械の専門分野とともに、機械の環境負荷や人間への影響、環境及び人間に調和する機械の知能化など、環境、人間、機械の関係、それらの調和についても考えることのできる能力を修得する。
- (H) 卒業研究や調査型演習ならびにセミナーをとおして、自ら課題を設定し、計画・実行できる能力を修得する。

### 【注】:

三重大学の教育目標：「感じる力」、「考える力」、「生きる力」がみなぎり、地域に根ざし国際的にも活躍できる人材を育成する。

三重大学工学部の教育目標：工学に関する専門的学問領域の追求を通して、「感じる力」、「考える力」、「生きる力」、そして「動かす力」が漲り、地域・国際社会で活躍できる人材を育成する。

学習・教育目標 (A), (B), (C) を達成するために必要な授業科目の流れ (その 1/4)  
2019-2020 年度入学生用

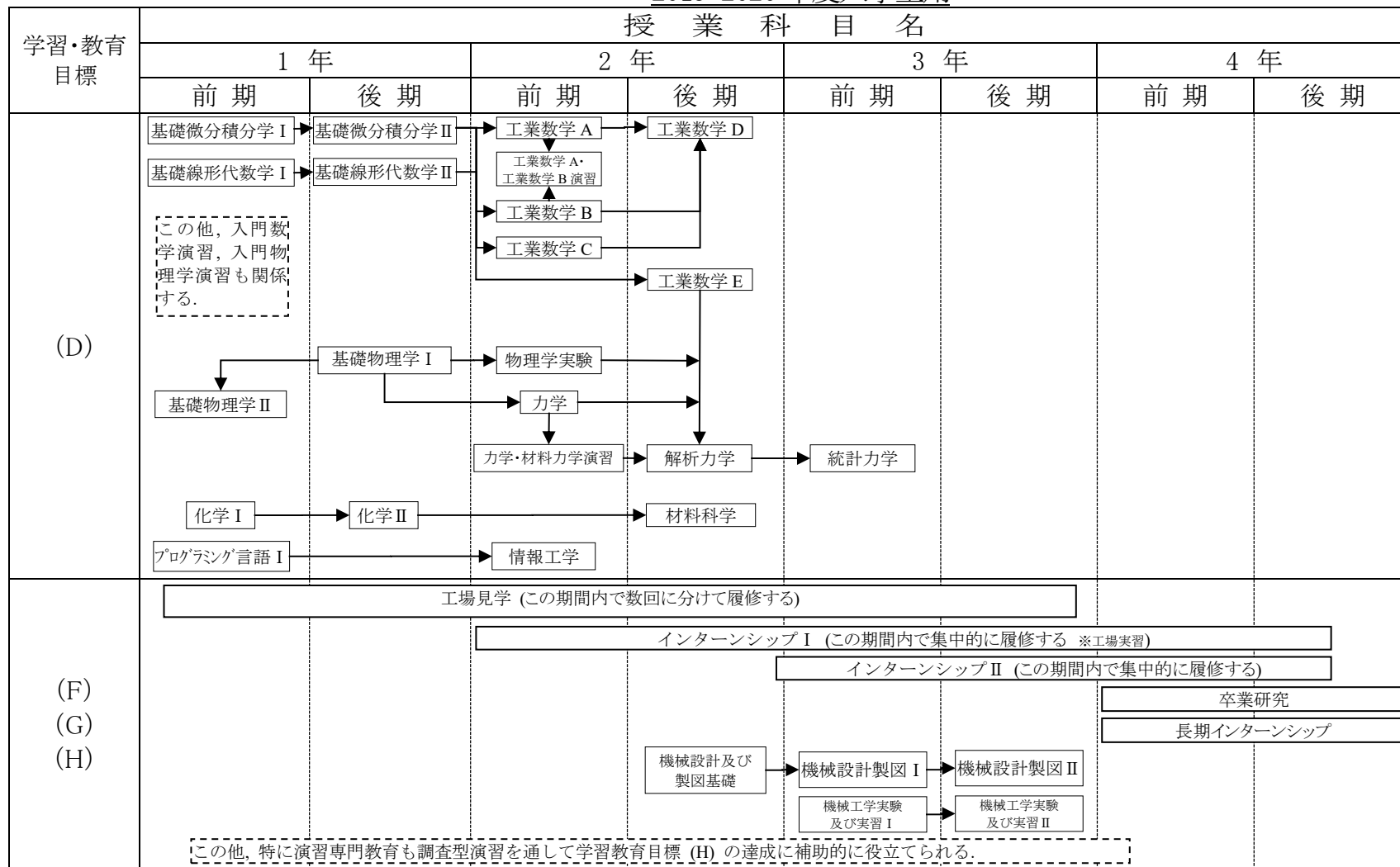
学習・教育 目標	授 業 科 目 名								
	1 年		2 年		3 年		4 年		
	前 期	後 期	前 期	後 期	前 期	後 期	前 期	後 期	
(A)	入門数学演習 入門物理学演習		※入門数学演習 ※入門物理学演習						
<p>この他、卒業研究も関係する。 また、必修科目が精選されており、その意味で学生個々の履修の選択肢が広がるので、学生は希望を反映させて学習することが可能となる。</p>									
(B)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">教養統合科目</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">教養統合科目</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">教養統合科目</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">教養統合科目</div>					
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">安全教育 工学倫理</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">先端技術基礎</div>						
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">機械工学 フレッシュマンゼミナール</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">※機械工学 フレッシュマンゼミナール</div>			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">知的財産権概論</div>			
<p>この他、多くの専門教育科目で課せられている調査型課題も学習教育目標 (B) の達成に補助的に役立てられる。</p>									
(C)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">教養基盤科目 外国語教育 異文化理解領域</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">教養基盤科目 外国語教育 異文化理解領域</div>						<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">専門英語</div>	
<p>この他、多くの専門教育科目における、英語演習書を用いた演習も学習教育目標(C)の達成に補助的に役立てられる。</p>									

本表は、最新の 2019 年度カリキュラムに基づいて作成している。

※ 総合工学コースからの配属者 2 年次向けに開講される科目。例外を除き、1 年次より機械工学コース決定者の時間割の開講時間と同時に同じ教室で開講される。

学習・教育目標 (D), (F), (G), (H) を達成するために必要な授業科目の流れ (その 2/4)

2019-2020 年度入学生用

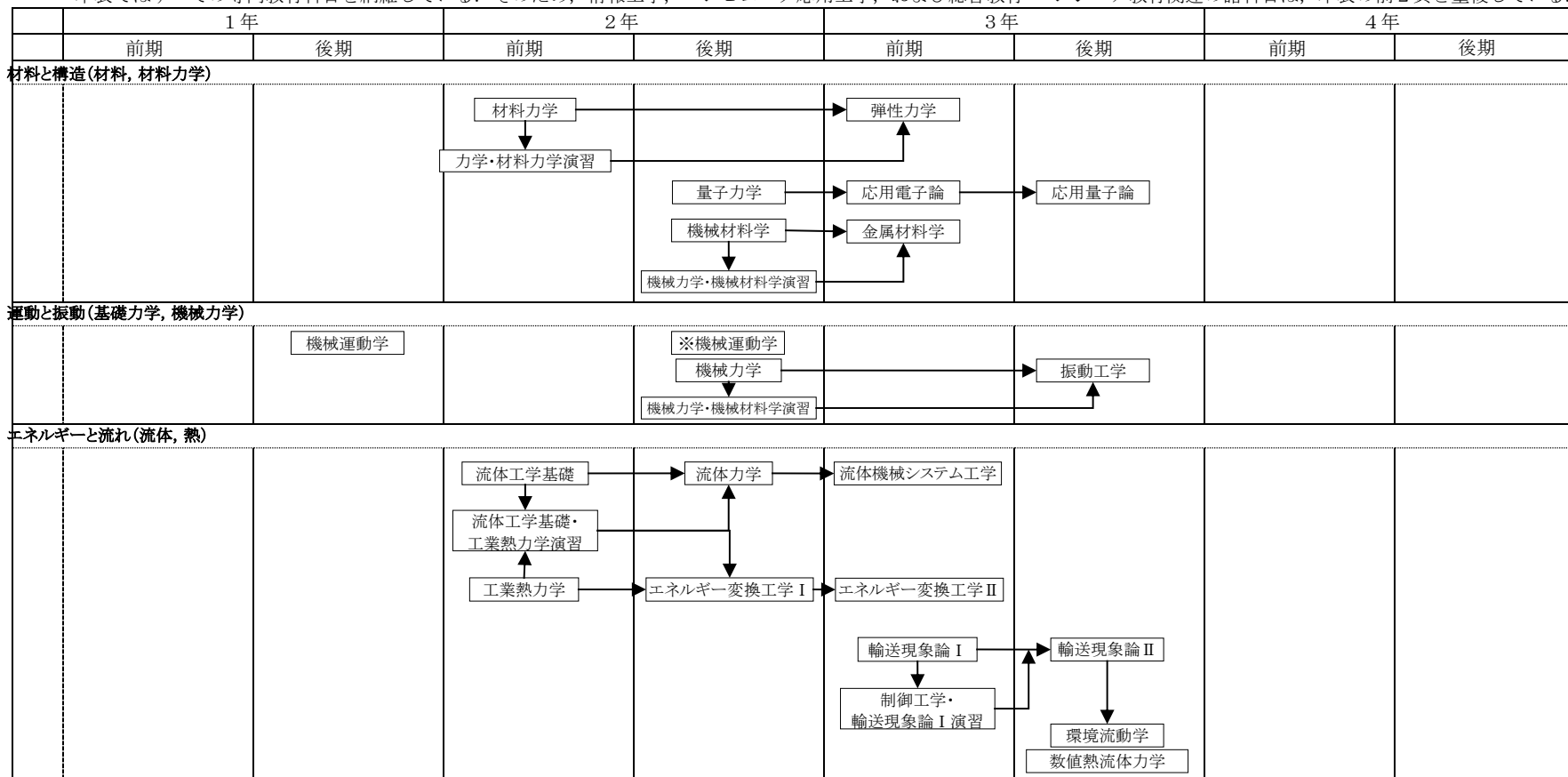


※ 総合工学コースからの配属者2年次向けに開講される科目。例外を除き、1年次より機械工学コース決定者の時間割の開講時間と同時に同じ教室で開講される。

## 学習・教育目標 (E) を達成するために必要な授業科目の流れ (その 3/4)

### 2019-2020 年度入学生用

本表ではすべての専門教育科目を網羅している。そのため、情報工学、コンピュータ応用工学、および総合教育・エンジニア教育関連の諸科目は、本表の前2頁と重複している。



※ 総合工学コースからの配属者 2 年次向けに開講される科目。例外を除き、1 年次より機械工学コース決定者の時間割の開講時間と同時に同じ教室で開講される。

学習・教育目標 (E) を達成するために必要な授業科目の流れ (その 4/4)  
2019-2020 年度入学生用

本表ではすべての専門教育科目を網羅している。そのため、情報工学、コンピュータ応用工学、および総合教育・エンジニア教育関連の諸科目は、本表の前 2 頁と重複している。

1 年		2 年		3 年		4 年	
前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期
<b>計測・制御とロボット(電子・情報, 制御)</b>							
		情報工学		電気電子回路 計測工学 制御工学 制御工学・ 輸送現象論 I 演習	ロボット工学 システム制御工学 計算機援用工学		
<b>設計と生産・管理(設計, 加工, 生産・産業)</b>							
			機械設計及び製図基礎 機械加工学 トライボロジー	機械設計製図 I 除去加工 塑性加工 溶融加工学	機械設計製図 II		
<b>機械システム</b>							
交通機械		※交通機械		自動車工学	生産システム工学		
<b>総合教育・エンジニア教育(動機付け, 多角的視点, 工学倫理, 個性, 実践能力, 創造性, コミュニケーション)</b>							
機械工学フレッシュマンゼミナール 安全教育・工学倫理		※機械工学フレッシュマンゼミナール 先端技術基礎		知的財産権概論	機械工学実験及び実習 I 機械工学実験及び実習 II	専門英語 卒業研究 長期インターンシップ	

※ 総合工学コースからの配属者 2 年次向けに開講される科目。例外を除き、1 年次より機械工学コース決定者の時間割の開講時間と同時に同じ教室で開講される。



## 2020年度 SYLLABUS 機械工学科 授業要目 授業科目対応表 (その1/3)

2019年度以降の入学生の科目名称は「新科目名」に記載されている。  
旧科目は順次「新科目」のカリキュラムに更新される。

	新科目名 (2019年度以降の入学生の科目名)	旧科目名 (2018年度以前の入学生の科目名)	備考
教 養 教 育 科 目	プログラミング言語 I	電子計算機プログラミング及び演習	2020年度 教養教育シラバス 目的別カリキュラム 基礎教育領域を参照
	基礎線形代数学 I		
	基礎線形代数学 II	基礎線形代数学	
	基礎微分積分学 I	基礎微分積分学 I	
	基礎微分積分学 II	基礎微分積分学 II	
	基礎物理学 I	力学 I	
	基礎物理学 II	基礎物理学 II	
	化学 I	化学 I	
	化学 II		
	物理学実験	物理学実験	
専 門 教 育 科 目	機械工学フレッシュマンゼミナール	機械工学フレッシュマンゼミナール	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2019年度入学生及び2020年度入学生の3年次以降で開講される科目については本シラバスでは「旧科目名」に記載されている。シラバスを見る場合は「旧科目名」で目次の該当頁を確認のうえ、参照すること。</li> <li>● この授業要目において、同じ科目名で異なる頁に二つ掲載されている科目は、2018年度以前の入学生と2019年度以降の入学生で開講年度等が変更になった科目である。入学年度の学修要項に対応するシラバスを参照すること。</li> <li>● 各科目名称は2019年度入学生の履修年度に合わせて順次更新される。</li> <li>● 2018年度以前の入学生について、「新科目名」に対して「旧科目名」が2科目以上併記されている科目、および「新科目名」の複数の科目に同一の「旧科目名」が対応している科目は、入学年度の学修要項で指定された科目に対応する新科目をすべて履修しなくてはならない。旧科目名に記載のある科目のうち対応する新科目名がない科目はクラス担任もしくは教務委員に確認すること。</li> </ul>
	入門数学演習	入門数学演習	
	入門物理学演習	入門物理学演習	
	工業数学A(ベクトル解析)	工業数学 I 及び演習	
	工業数学B(複素関数論)	工業数学 II 及び演習	
	工業数学A・工業数学B演習	工業数学 I 及び演習 工業数学 II 及び演習	
	工業数学C(常微分方程式)	工業数学 III	
	工業数学D(フーリエ解析)	工業数学 IV	
	工業数学E(確率・統計)	工業数学 V	
	力学	力学 II 及び演習	
	材料力学	材料力学及び演習	
	力学・材料力学演習	力学 II 及び演習 材料力学及び演習	
	機械力学	機械力学及び演習	
	量子力学	量子力学	
	機械材料学	機械材料学及び演習	
	機械力学・機械材料学演習	機械力学及び演習 機械材料学及び演習	
	流体工学基礎	流体工学基礎及び演習	
	工業熱力学	工業熱力学及び演習	
流体工学基礎・工業熱力学演習	流体工学基礎及び演習 工業熱力学及び演習		

2020年度 SYLLABUS 機械工学科 授業要目  
授業科目対応表 (その2/3)

	新科目名 (2019年度以降の入学者の科目名)	旧科目名 (2018年度以前の入学者の科目名)	備考
専 門 教 育 科 目	制御工学	制御工学及び演習	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2019年度入学生及び2020年度入学生の3年次以降で開講される科目については本シラバスでは「旧科目名」で記載されている。シラバスを見る場合は「旧科目名」で目次の該当頁を確認のうえ、参照すること。</li> <li>● この授業要目において、同じ科目名で異なる頁に二つ掲載されている科目は、2018年度以前の入学者と2019年度以降の入学者で開講年度等が変更になった科目である。入学年度の学修要項に対応するシラバスを参照すること。</li> <li>● 各科目名称は2019年度入学生の履修年度に合わせて順次更新される。</li> <li>● 2018年度以前の入学者について、「新科目名」に対して「旧科目名」が2科目以上併記されている科目、および「新科目名」の複数の科目に同一の「旧科目名」が対応している科目は、入学年度の学修要項で指定された科目に対応する新科目をすべて履修しなくてはならない。旧科目名に記載のある科目のうち対応する新科目名がない科目はクラス担任もしくは教務委員に確認すること。</li> </ul>
	輸送現象論 I	輸送現象論 I 及び演習	
	制御工学・輸送現象論 I 演習	制御工学及び演習 輸送現象論 I 及び演習	
	機械加工学	機械加工学	
	機械設計及び製図基礎	機械設計製図基礎 機械設計	
	機械設計製図 I	機械設計製図 I	
	機械設計製図 II	機械設計製図 II	
	機械工学実験及び実習 I	機械工学実験及び実習 I	
	機械工学実験及び実習 II	機械工学実験及び実習 II	
		機械工学実験及び実習 III	
	安全教育・工学倫理	技術者倫理	
		機械工学セミナー	
		創成デザイン	
	弾性力学	連続体力学	
	応用量子論	応用量子論	
	応用電子論	応用電子論	
	材料科学	材料科学及び演習	
	金属材料学	金属材料学	
	機械運動学	機械運動学	
	振動工学	振動工学	
	流体力学	流体力学及び演習	
	流体機械システム工学	流体機械システム工学	
	エネルギー変換工学 I	エネルギー変換工学 I 及び演習	
	エネルギー変換工学 II	エネルギー変換工学 II	
	輸送現象論 II	輸送現象論 II	
	環境流動学	環境流動学	
	数値熱流体力学	数値熱流体力学	
	情報工学	情報工学	
	電気電子回路	電気電子回路	
	計測工学	計測工学および演習	
ロボット工学	ロボット工学及び演習		
システム制御工学	システム制御工学		
計算機援用工学	計算機援用工学		

2020年度 SYLLABUS 機械工学科 授業要目  
授業科目対応表 (その3/3)

	新科目名 (2019年度以降の入学者の科目名)	旧科目名 (2018年度以前の入学者の科目名)	備考
専 門 教 育 科 目	除去加工	精密工学	<p>● 2019年度入学生及び2020年度入学生の3年次以降で開講される科目については本シラバスでは「旧科目名」で記載されている。シラバスを見る場合は「旧科目名」で目次の該当頁を確認のうえ、参照すること。</p> <p>● この授業要目において、同じ科目名で異なる頁に二つ掲載されている科目は、2018年度以前の入学者と2019年度以降の入学者で開講年度等が変更になった科目である。入学年度の学修要項に対応するシラバスを参照すること。</p> <p>● 各科目名称は2019年度入学生の履修年度に合わせて順次更新される。</p> <p>● 2018年度以前の入学者について、「新科目名」に対して「旧科目名」が2科目以上併記されている科目、および「新科目名」の複数の科目に同一の「旧科目名」が対応している科目は、入学年度の学修要項で指定された科目に対応する新科目をすべて履修しなくてはならない。旧科目名に記載のある科目のうち対応する新科目名がない科目はクラス担任もしくは教務委員に確認すること。</p>
	塑性加工	機能加工システム	
	溶融加工学	溶融加工学	
		機械設計	
	解析力学		
	統計力学		
	トライボロジー		
	交通機械	交通機械	
	自動車工学	自動車工学	
	生産システム工学	生産システム工学	
	知的財産権概論	知的財産権概論	
	安全教育・工学倫理		
	先端技術基礎		
	工場見学	工場見学	
	インターンシップⅠ(工場実習)	工場実習	
インターンシップⅡ	工場実習		
専門英語	専門英語		
長期インターンシップ			

学習・教育目標 (A), (B), (C) を達成するために必要な授業科目の流れ (その 1/3) 2018 年度以前の入学生用

学習・教育 目標	授 業 科 目 名							
	1 年		2 年		3 年		4 年	
	前 期	後 期	前 期	後 期	前 期	後 期	前 期	後 期
(A)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">入門数学演習</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">入門物理学演習</div>							
この他、卒業研究も関係する。また、必修科目が精選されており、その意味で学生個々の履修の選択肢が広がるので、学生は希望を反映させて学習することが可能となる。								
(B)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">教養統合科目</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">教養統合科目</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">教養統合科目</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">教養統合科目</div>				
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">技術者倫理</div>						
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">機械工学 フレッシュマンゼミナール</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">機械工学セミナー</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">創成デザイン</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">知的財産権概論</div>			
この他、多くの専門教育科目で課せられている調査型課題も学習教育目標 (B) の達成に補助的に役立てられる。								
(C)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">教養基盤科目 外国語教育 異文化理解領域</div> 英語 6 単位及び 異文化理解 4 単位 必修	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">教養基盤科目 外国語教育 異文化理解領域</div>						<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;">専門英語</div>
この他、機械工学セミナーも関係する。また、多くの専門教育科目における、英語演習書を用いた演習も学習教育目標 (C) の達成に補助的に役立てられる。								

本表は、2015 年度カリキュラムに基づいて作成している。

2019 年度以降の新科目との対応は「2020 年度 SYLLABUS 機械工学科 授業要目 授業科目対応表 (その 1/3~3/3)」に記載されている。

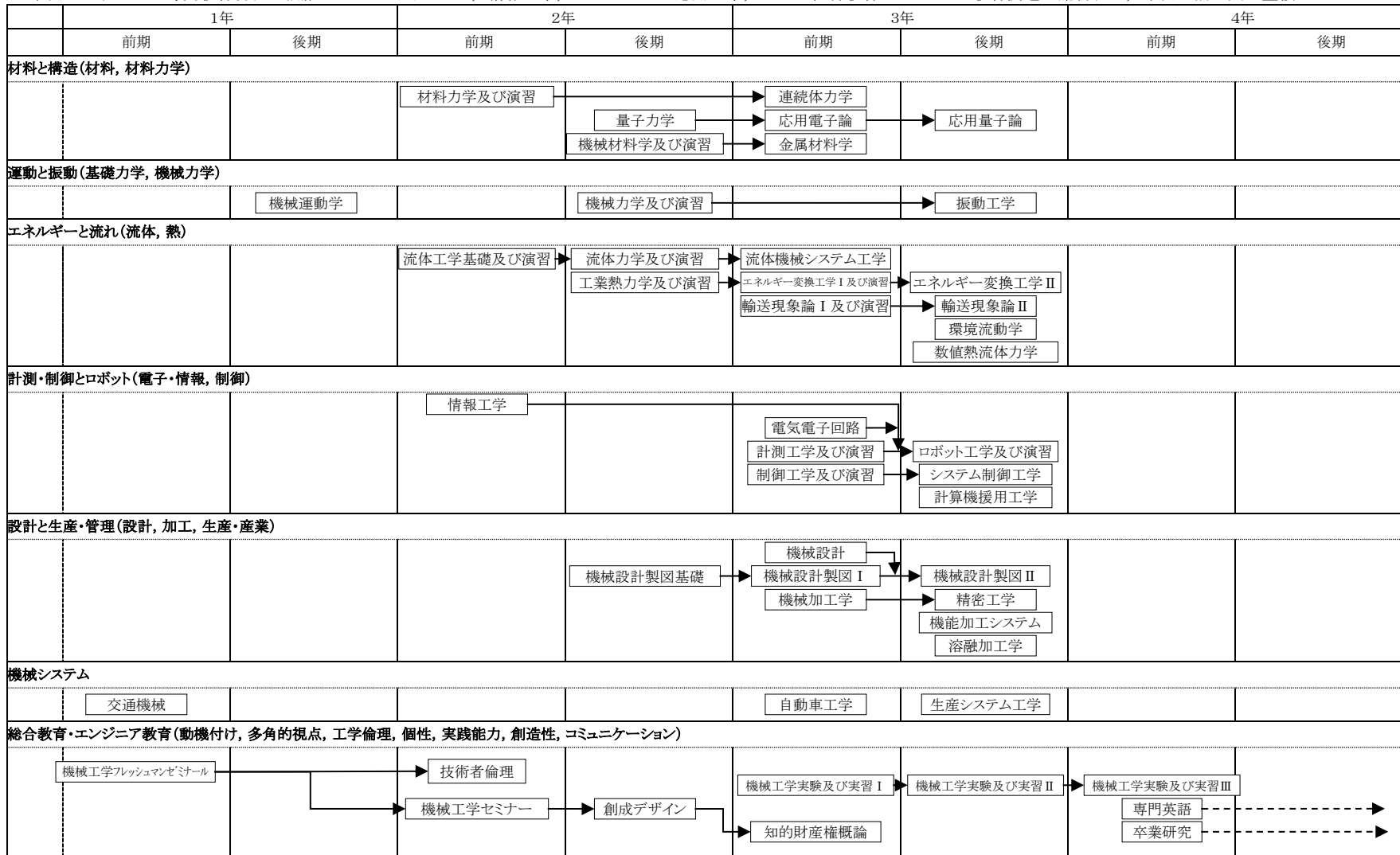
学習・教育目標 (D), (F), (G), (H) を達成するために必要な授業科目の流れ (その 2/3) 2018 年度以前の入学生用

学習・教育 目標	授 業 科 目 名							
	1 年		2 年		3 年		4 年	
	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期
(D)	基礎微分積分学Ⅰ	基礎微分積分学Ⅱ	工業数学Ⅰ	工業数学Ⅳ				
		基礎線形代数学	工業数学Ⅱ	工業数学Ⅴ				
	この他、入門数学演習、入門物理学演習も関係する。		工業数学Ⅲ					
			基礎物理学Ⅱ					
			物理学実験					
		力学Ⅰ	力学Ⅱ及び演習					
	化学Ⅰ			材料科学及び演習				
		電子計算機プログラミング及び演習	情報工学					
(F)	工場見学 (この期間内で数回に分けて履修する)							
(G)	工場実習 (この期間内で集中的に履修する)							
(H)	卒業研究							
			機械設計製図基礎	機械設計製図Ⅰ	機械設計製図Ⅱ			
				機械工学実験及び実習Ⅰ	機械工学実験及び実習Ⅱ	機械工学実験及び実習Ⅲ		
	この他、特に演習付専門教育も調査型演習を通して学習教育目標 (H) の達成に補助的に役立つ。							

2019 年度以降の新科目との対応は「2020 年度 SYLLABUS 機械工学科 授業要目 授業科目対応表 (その 1/3~3/3)」に記載されている。

## 学習・教育目標 (E) を達成するために必要な授業科目の流れ (その 3/3) 2018 年度以前の入学生用

本表ではすべての専門教育科目を網羅している。そのため、情報工学、コンピュータ応用工学、および総合教育・エンジニア教育関連の諸科目は、本表の前2頁と重複している。



2019 年度以降の新科目との対応は「2020 年度 SYLLABUS 機械工学科 授業要目 授業科目対応表 (その 1/3~3/3)」に記載されている。

### 授業科目関連表(2019-2020年度入学生)

	1 年		2 年		3 年		4 年	
	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期
<b>教養基礎科目</b> (共通カリキュラム) および <b>教養統合科目</b> (共通カリキュラム)	アクティブラーニング領域 スタートアップPBLセミナー 教養セミナー							
	外国語教育領域 英語 I 大学基礎 英語 I 大学基礎 英語 I TOEIC 英語 I コミュニケーション 英語 II 発展A~E 英語 II 発展A~E							
	異文化理解領域 異文化理解 I 基礎a 異文化理解 I 基礎b 異文化理解 I 演習a 異文化理解 I 演習b							
	健康科学領域 スポーツ健康科学a スポーツ健康科学b							
	地域理解・日本理解領域 / 国際理解・現代社会理解領域 / 現代科学理解領域 / キャリア教育領域 選択科目							
	応用数学の基礎 入門数学演習*3 入門数学演習*4 基礎微積分学 I 基礎微積分学 II 基礎線形代数学 I 基礎線形代数学 II 工業数学A 工業数学B 工業数学C 工業数学D 工業数学E 工業数学A・工業数学B演習*2							
<b>教養教育科目</b> (目的別カリキュラム) および <b>専門教育科目</b>	自然科学の基礎 入門物理学演習*3 入門物理学演習*4 基礎物理学 I *4 基礎物理学 I *3 力学 力学・材料力学演習*2 解析力学 統計力学 基礎物理学 II *3 基礎物理学 II *4 物理学実験 材料科学 化学 I 化学 II							
	情報の基礎 プログラミング言語 I							
	材料と構造(材料, 材料力学) 材料力学 力学・材料力学演習*2 弾性力学 量子力学 機械材料学 機械力学・機械材料学演習*2 応用電子論 金属材料学 応用量子論							
	運動と振動(基礎力学, 機械力学) 機械運動学*3 機械運動学*4 機械力学 機械力学・機械材料学演習*2 振動工学							
	エネルギーと流れ(流体, 熱) 流体工学基礎 流体工学基礎・工業熱力学演習*2 工業熱力学 流体力学 エネルギー変換工学 I 流体機械システム工学 エネルギー変換工学 II 輸送現象論 I 輸送現象論 II 制御工学・輸送現象論 I 演習*2 環境流動学 数値熱流体力学							
	情報と計測・制御(電子・情報, 制御) 情報工学 電気電子回路 計測工学 制御工学 制御工学・輸送現象論 I 演習*2 ロボット工学 システム制御工学 計算機援用工学							
	設計と生産・管理(設計, 加工, 生産・産業) 機械設計及び製図基礎 機械加工学 機械設計製図 I 機械設計製図 II 除去加工 塑性加工 溶融加工学 トライボロジー							
	機械システム 交通機械*3 交通機械*4 自動車工学 生産システム工学							
	総合教育・エンジニア教育(動機付け, 多角的視点, 工学倫理, 個性, 実践能力, 創造性, コミュニケーション) インターンシップ I (工場実習) インターンシップ II 機械工学フレッシュマンゼミナール*4 機械工学フレッシュマンゼミナール*3 総合工学概論*4 先端技術基礎 知的財産権概論 安全教育・工学倫理 工場見学 機械工学実験及び実習 I 機械工学実験及び実習 II 専門英語 卒業研究 (長期インターンシップ)							
	開放科目*1							
自由科目								

\*1 学修要項を参照 \*2 関連する科目の講義ごとに併記されている \*3 「1年時よりコース決定者」向け \*4 「総合工学コースからの配属者」向け

### 授業科目関連表(2015-2018年度入学生)

	1年		2年		3年		4年			
	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期		
教養教育科目 (共通カリキュラム)	統合教育科目 「4つの力」スタートアップセミナー									
	選択科目									
	外国語教育科目 英語 I 大学基礎-A 英語 I TOEIC-A 英語 I コミュニケーション-A 異文化理解 I		英語 I 大学基礎-B 英語 I TOEIC-B 英語 I コミュニケーション-B 異文化理解 I		資格試験受験対策科目(英語 II TOEIC中級・上級, 英語 II TOEFL受験対策) 英語コミュニケーション科目(英語 II ライティング・スピーキング, 英語 III ライティング・スピーキング) 異文化理解 I		異文化理解 I		異文化理解 II	
	保健体育教育科目 スポーツ健康学実習 I		スポーツ健康学実習 II スポーツ健康学概論		スポーツ実習 I		スポーツ実習 II			
教養教育科目 (目的別カリキュラム) および 専門教育科目	応用数学の基礎 入門数学演習 基礎微積分学 I									
			基礎微積分学 II 基礎線形代数学 II		工業数学 I 及び演習 工業数学 II 及び演習 工業数学 III		工業数学 IV 工業数学 V			
	自然科学の基礎 入門物理学演習									
			基礎物理学 I (旧力学 I)		力学 II 及び演習 基礎物理学 II 物理学実験		材料科学及び演習			
	化学 I									
	情報の基礎 電子計算機プログラミング及び演習									
	材料と構造(材料, 材料力学) 材料力学及び演習									
			量子力学		連続体力学 応用電子論		応用量子論			
			機械材料学及び演習		金属材料学					
	運動と振動(基礎力学, 機械力学) 機械運動学									
			機械力学及び演習				振動工学			
	エネルギーと流れ(流体, 熱) 流体工学基礎及び演習									
			流体工学及び演習 工業熱力学及び演習		流体機械システム工学 エネルギー変換工学 I 及び演習 輸送現象論 I 及び演習		エネルギー変換工学 II 輸送現象論 II 環境流動学 数値熱流体力学			
	情報と計測・制御(電子・情報, 制御) 情報工学									
			電気電子回路 計測工学及び演習 制御工学及び演習		ロボット工学及び演習 システム制御工学 計算機援用工学					
設計と生産・管理(設計, 加工, 生産・産業) 機械設計製図基礎										
		機械設計 機械設計製図 I 機械加工学		機械設計製図 II 精密工学 機能加工システム 溶融加工学						
機械システム 交通機械										
				自動車工学		生産システム工学				
総合教育・エンジニア教育(動機付け, 多角的視点, 工学倫理, 個性, 実践能力, 創造性, コミュニケーション) 機械工学フレッシュマンゼミナール										
		技術者倫理 機械工学セミナー		創成デザイン		機械工学実験及び実習 I 知的財産権概論		機械工学実験及び実習 II 機械工学実験及び実習 III 専門英語 卒業研究		
開放科目*1										
自由科目										

\*1 学習要綱を参照



## 授業科目関連表(2013-2014年度入学生)

	1年		2年		3年		4年	
	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期
共通教育科目	統合教育科目 「4つの力」スタートアップセミナー							
	選択科目							
	外国語教育科目 英語 I 大学基礎-A 英語 I TOEIC-A 英語 I コミュニケーション-A 未習外国語 I							
	英語 I 大学基礎-B 英語 I TOEIC-B 英語 I コミュニケーション-B 未習外国語 I		資格試験受験対策科目(英語 II TOEIC中級・上級, 英語 II TOEFL受験対策) 英語コミュニケーション科目(英語 II ライティング・スピーキング, 英語 III ライティング・スピーキング) 未習外国語 I		未習外国語 II		未習外国語 II	
基礎教育科目	保健体育教育科目 スポーツ健康学実習 I		スポーツ健康学実習 II スポーツ健康学概論		スポーツ実習 I		スポーツ実習 II	
	応用数学の基礎 入門数学演習 基礎微積分学 I → 基礎微積分学 II → 基礎線形代数学 II → 工業数学 I 及び演習 工業数学 II 及び演習 工業数学 III → 工業数学 IV 工業数学 V							
基礎教育科目	自然科学の基礎 入門物理学演習 → 基礎物理学 I (旧 力学 I) → 力学 II 及び演習 基礎物理学 II 物理学実験 化学 I		材料科学及び演習					
	情報の基礎 電子計算機プログラミング及び演習							
	専門教育科目 材料と構造(材料, 材料力学) 材料力学及び演習 → 連続体力学 量子力学 → 応用電子論 → 応用量子論 機械材料学及び演習 → 金属材料学							
専門教育科目	運動と振動(基礎力学, 機械力学) 機械運動学		機械力学及び演習		振動工学			
	エネルギーと流れ(流体, 熱) 流体工学基礎及び演習 → 流体工学及び演習 → 流体機械システム工学 工業熱力学及び演習 → エネルギー変換工学 I 及び演習 → エネルギー変換工学 II 輸送現象論 I 及び演習 → 輸送現象論 II 環境流動学 数値熱流体力学							
	情報と計測・制御(電子・情報, 制御) 情報工学		電気電子回路 計測工学及び演習 → ロボット工学及び演習 制御工学及び演習 → システム制御工学 計算機援用工学					
	設計と生産・管理(設計, 加工, 生産・産業) 機械設計 機械加工学 → 精密工学 機能加工システム 熔融加工学		機械設計製図基礎 → 機械設計製図 I → 機械設計製図 II					
	機械システム 交通機械		自動車工学		生産システム工学			
	総合教育・エンジニア教育(動機付け, 多角的視点, 工学倫理, 個性, 実践能力, 創造性, コミュニケーション) 機械工学フレッシュマンゼミナール 技術者倫理 機械工学セミナー → 創成デザイン 知的財産権概論 機械工学実験及び実習 I → 機械工学実験及び実習 II → 機械工学実験及び実習 III 専門英語 卒業研究							
	開放科目*1							
自由科目								

\*1 学習要綱を参照

### 授業科目関連表(2011-2012年度入学生)

	1 年		2 年		3 年		4 年			
	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期		
共通教育科目	統合教育科目 「4つの力」スタートアップセミナー									
	選択科目									
	外国語教育科目 英語 I 大学基礎-A 英語 I TOEIC-A 英語 I コミュニケーション-A 未習外国語 I		英語 I 大学基礎-B 英語 I TOEIC-B 英語 I コミュニケーション-B 未習外国語 I		資格試験受験対策科目(英語 II TOEIC中級・上級, 英語 II TOEFL受験対策) 英語コミュニケーション科目(英語 II ライティング・スピーキング, 英語 III ライティング・スピーキング) 未習外国語 I		未習外国語 II		未習外国語 II	
	保健体育教育科目 スポーツ健康学実習 I		スポーツ健康学実習 II スポーツ健康学概論		スポーツ実習 I		スポーツ実習 II			
基礎教育科目	応用数学の基礎 入門数学演習 基礎微積分学 → 応用微積分学 → 基礎線形代数 II → 工業数学 I 及び演習 工業数学 II 及び演習 工業数学 III → 工業数学 IV 工業数学 V									
	自然科学の基礎 入門物理学演習 → 基礎物理学 I (旧 力学 I) → 力学 II 及び演習 基礎物理学 II 物理学実験 化学 I → 材料科学及び演習									
	情報の基礎 電子計算機プログラミング及び演習									
	専門教育科目									
専門教育科目	材料と構造(材料, 材料力学)		材料力学及び演習		量子力学 → 連続体力学 機械材料学及び演習 → 応用電子論 金属材料学					
	運動と振動(基礎力学, 機械力学)		機械運動学		機械力学及び演習		振動工学			
	エネルギーと流れ(流体, 熱)		流体工学基礎及び演習		流体力学及び演習 → 流体機械システム工学 工業熱力学及び演習 → エネルギー変換工学 I 及び演習 → エネルギー変換工学 II 輸送現象論 I 及び演習 → 輸送現象論 II 環境流動学 数値熱流体力学					
	情報と計測・制御(電子・情報, 制御)		情報工学		電気電子回路 計測工学及び演習 → 電子機械学及び演習 制御工学及び演習 → システム制御工学 計算機援用工学					
	設計と生産・管理(設計, 加工, 生産・産業)		機械設計製図基礎		機械設計 機械設計製図 I → 機械設計製図 II 機械加工学 → 精密工学 機能加工システム 溶融加工学					
	機械システム 交通機械				自動車工学		生産システム工学			
	総合教育・エンジニア教育(動機付け, 多角的視点, 工学倫理, 個性, 実践能力, 創造性, コミュニケーション)									
	機械工学フレッシュマンゼミナール		技術者倫理 機械工学セミナー → 創成デザイン		機械工学実験及び実習 I → 知的財産権概論		機械工学実験及び実習 II → 機械工学実験及び実習 III		専門英語 卒業研究	
	開放科目*1									
	自由科目									

\*1 学習要綱を参照

授業科目	Subject		
〈学部共通科目〉			
安全教育・工学倫理	Safety Education and Engineering Ethics	共	1
先端技術基礎	Fundamentals of Advanced Technology	共	2
〈機械工学科／総合工学科機械工学コース開講科目〉			
機械工学フレッシュマンゼミナール	Freshman Seminar for Mechanical Engineering	機	1
入門数学演習	Introduction to Mathematics and Exercises	機	2
入門物理学演習	Introduction to Physics and Exercises	機	3
工業数学A(ベクトル解析)	Advanced Engineering Mathematics A	機	4
工業数学B(複素関数論)	Advanced Engineering Mathematics B	機	5
工業数学A・工業数学B演習	Advanced Engineering Mathematics A, B and Exercises	機	6
工業数学C(常微分方程式)	Advanced Engineering Mathematics C	機	7
工業数学D	Advanced Engineering Mathematics D	機	8
工業数学E	Advanced Engineering Mathematics E	機	9
力学	Mechanics	機	10
材料力学	Strength of Materials	機	12
力学・材料力学演習	Exercises on Mechanics and Strength of Materials	機	13
機械力学	Dynamics of Machinery	機	15
機械材料学	Materials for Mechanical Engineering	機	17
機械力学・機械材料学演習	Exercises on Dynamics of Machinery and Materials for Mechanical Engineering	機	18
振動工学	Mechanical Vibrations	機	20
連続体力学	Continuum Mechanics	機	21
計算機援用工学	Computer Aided Engineering	機	22
流体工学基礎	Fluid Mechanics	機	23
工業熱力学	Engineering Thermodynamics	機	24
流体工学基礎・工業熱力学演習	Exercises on Fluid Mechanics and Engineering Thermodynamics	機	25
エネルギー変換工学Ⅰ及び演習	Energy Conversion Engineering I and Exercises	機	26
エネルギー変換工学Ⅰ	Energy Conversion Engineering I	機	27
エネルギー変換工学Ⅱ	Energy Conversion Engineering II	機	28
流体力学	Fluid Dynamics	機	29
流体機械システム工学	Fluid Machinery System Engineering	機	30
輸送現象論Ⅰ及び演習	Transport Phenomena I and Exercises	機	31
輸送現象論Ⅱ	Transport Phenomena II	機	32
環境流動学	Enviromental Fluid Mechanics	機	33
数値熱流体力学	Computational Thermo-Fluid Dynamics	機	34
電気電子回路	Electrical and Electronic Circuit	機	35
情報工学	Information Engineering	機	36
計測工学および演習	Sensing Technology and Exercises	機	37

制御工学及び演習	Control Engineering and Exercises	機 38
システム制御工学	System Control Engineering	機 39
機械運動学	Kinematics	機 40
ロボット工学及び演習	Robotics and Exercises	機 41
量子力学	Quantum Mechanics	機 42
応用量子論	Applied Quantum Mechanics	機 46
応用電子論	Applied Electron Theory	機 50
解析力学	Analytical Mechanics	機 54
材料科学	Materials Science	機 58
精密工学	Precision Engineering	機 59
機械加工学	Materials and Processing Technology	機 60
機械加工学	Materials and Processing Technology	機 61
金属材料学	Metallurgy	機 62
溶融加工学	Technology of Welding and Casting	機 63
機能加工システム	Deformation Processing System	機 64
機械設計及び製図基礎	Fundamental of Mechanical Design and Drawing	機 66
機械設計	Design Engineering	機 67
機械設計製図 I	Machine Design and Drawing I	機 68
機械設計製図 II	Machine Design and Drawing II	機 70
機械工学実験及び実習 I	Mechanical Engineering Laboratory I	機 71
機械工学実験及び実習 II	Mechanical Engineering Laboratory II	機 72
機械工学実験及び実習 III	Mechanical Engineering Laboratory III	機 73
交通機械	Transportation Engineering	機 74
自動車工学	Automobile Engineering	機 75
生産システム工学	Production Systems	機 76
知的財産権概論	Intellectual Property	機 77
機械工学セミナー	Mechanical Engineering Seminar	機 78
創成デザイン	Creative Design	機 79
工場見学	Factory tour	機 80
工場実習	Practices in Factory	機 81
インターンシップ I (工場実習)	Internship I (Practices in Factory)	機 82
専門英語	Technical English	機 83
卒業研究	Research for Graduation Thesis	機 84

# 安全教育・工学倫理

Safety Education and Engineering Ethics

学期 前期 単位 1 年次 学部(学士課程): 1年次 選/必 必修 授業の方法 講義

担当教員 水谷一樹(非常勤講師), 狩野幹人(非常勤講師)

**授業の概要** 将来の技術者・研究者に必要な安全・倫理教育を行う。

**学習の到達目標** 倫理観を持った技術者・研究者になるために必要な基礎的姿勢や知識を得る。

**学習の目的** 知的財産に関する知識、レポート作成の基本ルール、技術者としての倫理、防災、原子力安全教育について修得する。

**本学教育目標との関連** 幅広い教養

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 知的財産、レポート、情報倫理、技術者倫理

**Keywords** Intellectual Property, Information Ethics, Report, Engineering Ethics

### 学習内容

第1回：情報倫理

第2回：レポート作成の基礎

第3回：知的財産

第4回：工学倫理その1 工学技術者の社会責任と倫理及び法

第5回：工学倫理その2 技術者の行動規範と公衆の安全、健康、福利

第6回：工学倫理その3 公衆の知る権利と技術者の説明責任

第7回：工学倫理その4 技術者の倫理と組織の問題

第8回：防災、原子力安全教育（2クラス合同）

**学習課題（予習・復習）** 授業で受けた内容を本やインターネットを活用することで復習する。

学期 前期集中 単位 1 年次 学部(学士課程): 2年次 選択必修 授業の方法 講義

担当教員 池浦良淳(工学部), 矢野賢一(工学部), 宮本啓一(地域イノベ), 高瀬治彦(工学部), 村田博司(工学部), 永井久也(工学部), 河内亮周(工学部)

**授業の概要** それぞれの工学分野を代表し、先端分野で活躍している研究者から、細心の技術をわかりやすく説明し、基礎的な知識を教授する。基礎知識から先端技術につながる流れを、具体例を示すことで理解を深め、技術の融合に対する適応能力を養う。

**学習の目的** さまざまな工学分野における先端的な技術に関する基礎知識を得る。

## 授業計画・学習の内容

### 学習内容

#### 1. ロボティクス・メカトロニクスの最前線 (矢野賢一)

健康長寿社会や自立度の高い社会を実現するために、現在パワーアシストロボットをはじめとする様々なタイプの医療・福祉ロボットの開発が急ピッチで行われている。本講義では、超高齢社会の現状と課題を解説するとともに、最新の医療・福祉ロボット制御技術について、研究事例を交えて概説する。

#### 2. ロボティクス・メカトロニクスの最前線 (池浦良淳)

近年、車やロボットが人間と高度に協調し、お互いがよりよく共存できる機械システムの開発が望まれている。本講義では、人間の特性に合った機械システムの制御技術について、研究事例を交えて概説する。

#### 3. 画像処理・自然言語処理における人工知能 (高瀬治彦)

近年、計算機の急速な性能向上を受けて、人工知能技術も大きく発展している。特に、画像処理・自然言語処理の分野での適用事例が多数報告されている。本講義では、これらの分野における人工知能について概説する。

#### 4. 可視光半導体レーザーを使ったディスプレイ・照明～究極のエコディスプレイと照明技術～ (村田博司)

半導体レーザーを用いた新しいディスプレイや照明が注目を集めている。単色性が高いレーザー光を用いると、VGA規格に比べて2倍以上の色再現範囲が得られる。また、消費電力・寿命の点でも有

**学習の到達目標** 代表的な工学分野（機械工学、電気電子工学、情報工学、応用化学、建築学）における先端トピックスを理解し、将来、融合分野で活躍できる技術者としての広範囲な知識を修得する。

**本学教育目標との関連** 専門知識・技術

**成績評価方法と基準** 出席100%

利であり、シネマや自動車のヘッドライトへの実用化が始まっている。講義では、半導体レーザーの特長と最新のディスプレイ・照明について述べる。

#### 5, 6. 医用材料から見る先端医療工学～人工臓器と再生医療の基礎～ (宮本啓一)

私たちの命を守るために開発された人工臓器や、臓器を蘇らせる再生治療方法などの先端医療には、生体適合性を有する医用材料の開発が重要になる。本講義では生体の構造や生体と材料の反応から生体適合性の複雑さを理解することで医用材料開発の考え方を学び、更に現行の人工臓器や再生医療技術に関する最新情報を紹介する。

#### 7. 建築における熱環境と省エネルギー (永井久也)

建築内外における伝熱現象について概説し、建築物の断熱化や省エネルギー技術を紹介する。

#### 8. 情報セキュリティと整数論 (河内亮周)

数学における整数論、というと今日の産業社会において実用的な学問でないと思われがちであるが、実は情報通信技術、特に情報セキュリティ技術にとって必要不可欠な分野である。本講義では高校数学程度の初等的な整数論からスタートしてインターネットで実際に利用されている暗号プロトコルの理解を目指す。

# 機械工学フレッシュマンゼミナール

## Freshman Seminar for Mechanical Engineering

**学期** 前期 **開講時間** 水 5, 6 **単位** 1 **対象** 機械工学コース1年次よりコース決定者1年生, および総合工学コースからの機械工学コースへの配属者2年生対象 **年次** 学部(学士課程): 1年次, 2年次 **選/必** 必修 **授業の方法** 講義, 演習, 実験, 実習 **授業の特徴** グループ学習の要素を加えた授業, 地域理解・地域交流の要素を加えた授業  
**担当教員** 機械工学コース学年担任、機械工学コース各教員

### 授業の概要

大学低学年においては、主として教室内での講義に終始しがちであり、そのため、入学時に抱いていた教員との直接的なふれあいや研究に対する希望や期待が薄れがちである。また教育は何かと専門的知識の習得に偏り、教育が本来目指すべき技術者像を指し示すものには必ずしもなっていない。この授業は、技術者の置かれている歴史的過程や現状、倫理的立場について議論を行うとともに、研究室で行っている研究内容や機械工学の具体的な事例を詳しく知りたいという学生諸君の要望から生まれた授業である。

授業の進め方としては、ガイダンスののち各研究分野に分かれて、機械工学の基礎及び応用、地域を含めた社会とのかかわり等について各教員から直接指導を受ける。機械工学の雰囲気慣れとともに、小人数でFace to faceのゼミを行うことにより各教員、研究室の卒業研究生・大学院生との交流をはかり、今後の勉学の進め方、進路の展望について考える貴重な機会として活用していただきたい。

**学習の目的** 機械工学科学生として、今後の履修内容を把握する。また、大学の研究室の雰囲気を体験する。

**学習の到達目標** 機械工学科学生として、今後の履修内容を把握する。また、大学の研究室の雰囲気を体験する。

**本学教育目標との関連** 共感, 主体性, 専門知識・技術, 表現力(発表・討論・対話), リーダーシップ・フォロワーシップ, 問題発見解決力, 社会人としての態度・倫理観

**発展科目** この授業は、技術者として歴史的過程を学ぶことに

### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 機械工学への導入

**Keywords** Introduction to Mechanical Engineering

#### 学習内容

第1回のガイダンスの後、研究分野別ゼミナールを行う。研究分野別ゼミナールでは、受講生を班分けすることにより、機械工学科の各研究室に分かれる。ゼミナールの内容は各研究室によって異なる。7回のゼミを1セットとして、第2回~第8回および第9回~第15回で、それぞれ異なる研究分野の講座において2回行う。

より、今後4年間の教育に対する心構えの導入を行い、また本学科の基本単位となる研究室に身を置くことによって、これから学ぶ講義内容が最終的にどのような結果(卒業研究)に結びつくかを間近に体験する機会である。したがって、全ての専門教育科目と関係している。

**教科書** 研究分野において、適宜プリントを配布する。

**参考書** 授業の際に示す。各研究室にて必要があれば別途指示する。

#### 成績評価方法と基準

講義の8割以上に出席することが単位取得の条件である。

評価は、講義及び各研究室にて与えられた課題を消化することにより、10点満点で採点し、最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 講義に対する質問は、原則として講義前後の時間帯に教室にて対応する。研究分野別ゼミナールに関する質問は、担当研究分野の教員が受け付ける。教員室番号等についてはゼミナール時に指示する。

#### 授業改善への工夫

- ・学生自らが実施できるテーマを各研究室にて準備した。
- ・創成型教育実習室の創設により、パソコンを用いたゼミナールが効果的に行えるようにした。

**その他** 全く専門知識がない新入生向けの授業であるため、複雑な数式等を使って説明するのではなく、様々な現象、事例をイメージとしてとらえることができるように配慮する。

第1回：ガイダンス：機械工学科の各研究分野の紹介

第2回~8回：研究分野別ゼミナールⅠ

第1巡目配属ゼミにおける体験研究

第9回~15回：研究分野別ゼミナールⅡ

第2巡目配属ゼミにおける体験研究

各研究分野の内容については、ガイダンスで説明する。

**学習課題(予習・復習)** 研究分野別ゼミナールの担当教員にたずねること

# 入門数学演習

## Introduction to Mathematics and Exercises

**学期** 前期 **開講時間** 金 1, 2 **単位** 1 **対象** 総合工学科機械工学コース 1年次より機械工学コース決定の1年生 総合工学コースから機械工学コース配属の2年生 (総合工学コースからの配属者2年生についてはクラス担任から履修に関するガイダンスを受けること。) **年次** 学部(学士課程): 1年次, 2年次 **選/必** 必修 **授業の方法** 講義, 演習 **担当教員** 小保方 よしの (機械工学科非常勤講師)

### 授業の概要

専門の分野の学習に必要な数学の知識, 計算力を補強するために基本的な事項から応用的な内容まで講義, 演習を行う。現行の高校数学指導要領から削除されている行列の演算・固有値, 固有ベクトル, 一次変換についても学習する

### 学習の目的

高校で学んだ数学の知識を確実なものにし、大学での数学・専門分野での学習につなぐ

### 学習の到達目標

微積分・線形代数の範囲の, 問題解法の考え方・応用を習得する。

**本学教育目標との関連** 主体性, 幅広い教養, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 表現力(発表・討論・対話), 問題発見解決力

**発展科目** この授業は、今後機械工学を専攻する上で、数学系科目はもちろんのこと、力学を中心とした専門科目の基礎となる。

### 授業計画・学習の内容

#### キーワード

応用数学の基礎  
行列の演算・行列式の取り扱い・一次変換・連立一次方程式の解法  
を含む線形代数の応用能力, ベクトル, 空間座標 微分・積分の概念と取り扱い

#### Keywords

Matrix operation, Determinant, Linear transformation, Vector, Space coordinates, Differentil and integral function

#### 学習内容

第1回 矢線ベクトルと2次元幾何学  
第2回 矢線ベクトルと3次元幾何学  
第3回 行列の基本とn乗計算(固有値と固有ベクトル)  
第4回 行列の基本とn乗計算(固有値と固有ベクトル)  
第5回 階数と連立方程式の解法

### 教科書

「大学生の線形代数」東京図書

**成績評価方法と基準** 15回の講義のうち11回以上出席し、課題レポートを提出した者のみ定期テストの受験可。筆記によるテストを課す。授業とレポートで学習した内容から出題する。また、毎回の出席票をかねたチェックテストを実施し、出席評価の参考にする。評価は、定期試験と課題提出で100点とし、その点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする

### オフィスアワー

講義室または共通教育棟1号館4階数学なんでも相談室にて質問を受け付ける(水・金午後)

**授業改善への工夫** 数III・数C未履修学生には補習勉強を支援する。

**その他** チェックテストは採点し、模範解答をつけて次回の講義時に学生に返却する。

第6回 階数と連立方程式の解法  
第7回 行列式とその計算  
第8回 行列式とその計算  
第9回 一般のn次元ベクトル空間  
第10回 線形写像と表現行列  
第11回 線形写像と表現行列  
第12回 計量線形空間と複素化  
第13回 計量線形空間と複素化  
第14回 ジョルダン標準形  
第15回 全般に関する復習  
第16回 定期試験

### 学習課題(予習・復習)

毎回宿題を課す(微積分と授業内容から)忘れずに提出のこと。  
出席票に出題した問題は重要です。保存の上、試験準備に役立てること



# 入門物理学演習

## Introduction to Physics and Exercises

学期 前期 開講時間 水 1, 2 単位 1 対象 工学部機械工学コース 年次 学部(学士課程): 1年次 選/必 必修 授業の方法 講義, 演習

授業の特徴 プレゼンテーション/ディベートを取り入れた授業, その他、能動的要素を加えた授業 (ミニツッパーパー、シャトルカードなど)

担当教員 丸山 直樹 (工学研究科機械工学専攻)

### 授業の概要

理工系分野において必要な物理学の基礎を修得します。特に機械工学で根幹をなす力学分野を中心とします。法則や公式をただ単に暗記するのではなく、“問題解決に至る考え方を把握する”ことに重点を置き、問題演習とその解説により授業を進めます。

調査型課題では、現在の科学技術に自ら意識して関心を持つと共に、調査方法、報告書作成方法ならびに発表方法について学習します。

**学習の目的** 機械工学専攻生として、物理学の基本問題を解けるようになることを目的とします。特に、多様な演習問題に対して状況をイメージし、解くことができるようにします。

**学習の到達目標** 大学の授業では、記憶よりも考え方を理解することが重要です。機械工学を専攻する上で必要となる力学分野の“考え方”を修得することを目標とします。

**本学教育目標との関連** 主体性, 幅広い教養, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 表現力(発表・討論・対話), 問題発見解決力

**受講要件** 特にありません。

**予め履修が望ましい科目** 特にありませんが、事前に問題演習の範囲を伝えますので、予習の上で受講することを望みます。

**発展科目** 機械工学を専攻する上で、主に力学系科目の基礎となります。

**教科書** 教科書は使用せず、演習プリントを配布します。

### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 静力学, 動力学, 運動量と力積, 仕事, 力学的エネルギー, 熱とエネルギー

**Keywords** Statics, Kinetics, Momentum and Impulse, Work, Mechanical energy, Thermal energy

### 学習内容

詳細は、初回授業で説明しますが、概要は以下の通りです。講義, 演習・解説, 試験を織り交ぜて進めます。

第1回 講義の進め方. 調査課題提示. プレゼンテーション法.

第2回 1. 物体の運動 演習・解説 (その1)

第3回 2. 力と運動 演習・解説 (その1)

第4回 3. 運動量と力積 演習・解説 (その1)

第5回 4. 仕事と力学的エネルギー 演習・解説 (その1)

第6回 5. 熱とエネルギー 演習・解説 (その1)

第7回 中間試験

### 参考書

(1) やさしく学べる基礎物理 (基礎物理教育研究会編, 森北出版).

その他, 基礎的な物理, 力学に関するテキスト全般.

**成績評価方法と基準** 出席は必要条件であり, 8割以上出席した人を単位認定の対象とします. 評価は, 中間試験, 調査型課題・発表, 演習, 定期試験の合計100点で行います. 合格点を60点とし, 合計点数/10を四捨五入して最終成績とします. 最終成績6以上を合格とします.

**オフィスアワー** 授業終了後, 講義室及び機械創成棟3階丸山教員室(2311室)にて対応します. 電子メールによる受け付けは随時可.

**授業改善への工夫** 図を多用し, 言葉に加えて状況をイメージできるように努めています. また, 問題演習を中心として, “受け身の授業”ではなく“参加型の授業”を目標としています.

**その他** 演習問題は, 自ら考え, 解答することに意義があります. このため, 試験形式の演習とその解説により授業を構成しています. 自身の実力を確認するため, 中間試験を行います. また, 身の回りの物理現象ならびに科学技術に関心を持ってもらうために調査型課題を課しています. 今後の授業で必要となる課題調査方法, 発表資料の作成方法, 発表方法についても指導します. 受講生の自主性を重視します.

第8回 中間試験解答解説

第9回 調査課題報告会 (その1)

第10回 1. 物体の運動 演習・解説 (その2)

第11回 2. 力と運動 演習・解説 (その2)

第12回 3. 運動量と力積 演習・解説 (その2)

第13回 4. 仕事と力学的エネルギー 演習・解説 (その2)

第14回 5. 熱とエネルギー 演習・解説 (その2)

第15回 調査課題報告会 (その2)

第16回 定期試験

### 学習課題 (予習・復習)

(1) 演習とその解説を中心として授業を進めます. 事前に次回授業の出題範囲を示しますので, 十分な予習を要します.

(2) 開講中に調査課題を出します. 詳細については, 授業で説明します.

# 工業数学A(ベクトル解析)

Advanced Engineering Mathematics A

学期 前期 開講時間 水7,8,9 単位 2 年次 学部(学士課程): 2年次 選/必 必修 授業の方法 講義

担当教員 西村顕(工学部)

**授業の概要** ベクトル解析は、物理学などの基礎分野から工学などの応用分野まで幅広く活用されている。本講義では、ベクトルの基礎からベクトル関数の微分、積分、積分定理などについて解説する。他の専門教育科目を理解できるようになることを講義の主目的とし、基礎的な諸概念と実際の計算手法の習熟に力をおく。

**学習の目的** ベクトル解析は、電磁気学、力学、流体力学などで問題とする様々な物理量をベクトル量とスカラー量として記述したとき、それらの量の間の関係を明確に簡潔にまとめた分野である。個々の専門の基礎とベクトル解析とは相通ずるものがあり、専門の勉強にはベクトル解析の知識は必須である。

**学習の到達目標** ベクトル解析に関する最も基本的な概念を習熟し、これらの概念を基礎の一つとしている物理学や他の専門科目を受講した際にそれらの理解を助ける能力を身につける。

**本学教育目標との関連** 幅広い教養, 専門知識・技術

**受講要件** 特になし。

**予め履修が望ましい科目** 入門数学演習を履修し、十分に理解し

ておくことが望ましい。

**発展科目** 工業数学B(複素関数論)

**教科書** 工学・物理のための基礎ベクトル解析(畑山明聖・櫻林徹 共著; コロナ社)

**参考書** ベクトル解析 道具と考えていていねいに(上野和之 著; 共立出版)

**成績評価方法と基準** 講義の8割(=16回 $\times$ 0.8 $\div$ 13回)以上に出席することを単位認定の必要条件とする。評価は、中間試験、定期試験の合計100点で行う。合計点数/10を四捨五入して最終成績とする。最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 授業終了後、講義室および機械創成棟3階2308室(西村教員室)にて対応する。電子メールによる質問も受け付ける。

**授業改善への工夫** 受講生の習熟度を十分に把握し、中間試験や定期試験で出題する問題の難易度を適宜調整する。

**その他** 数式の暗記ではなく、本質的な数学力を身につけるよう心がけること。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** ベクトル, スカラー, 線積分, 面積分, 座標変換, 積分定理

**Keywords** Vector, Scalar, Line Integral, Surface Integral, Coordinates Transformation, Integral Theorems

### 学習内容

第1回 ベクトルに関する基本事項

第2回 ベクトルの微分

第3回 ベクトルの積の微分

第4回 ベクトル場とスカラー場

第5回 スカラー場の勾配

第6回 ベクトル場の発散

第7回 ベクトル場の回転

第8回 中間試験

第9回 線積分

第10回 面積分

第11回 ガウスの定理

第12回 ベクトル場の循環

第13回 ストークスの定理

第14回 曲線座標系

第15回 変数変換およびヤコビアンを使った表現

第16回 期末試験

**学習課題(予習・復習)** 講義の最初に前回の講義内容に関する演習を行うので、復習は特に念入りに行うこと。予習については、教科書の問題を解いておくと理解が早い。

# 工業数学B (複素関数論)

Advanced Engineering Mathematics B

学期 前期 開講時間 月 8, 9, 10 単位 2 対象 工学部総合工学科機械工学コース 年次 学部(学士課程): 2年次 選択 必修

授業の方法 講義, 演習

担当教員 高橋 裕 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 数を実数から複素数に拡張すると、幾何学的なイメージが伴うとともに、関数において連続性や微分可能性をさらに深く考える必要がでて来る。多変数関数の延長で扱うことができるが、複素関数に特有な非常に美しい法則が見出される。さらに、理学や工学における応用は多々あり、その中で留数を使った定積分の方法を演習する。

## 学習の目的

複素平面と複素数、複素関数の関係を理解する。

一般的な複素関数の性質を理解する。

複素関数の微分および積分を理解する。

解析的な関数において成り立つ積分定理を理解する。

**学習の到達目標** 本講義で到達できるレベルは、例えばFE試験のAnalytic Geometry, Differential Calculus, Integral Calculusの問題が解けるレベルがあげられる。単なる計算手法の枠を超えて、数学的センスを涵養する。

**本学教育目標との関連** 感性, 主体性, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, リーダーシップ・フォロワーシップ, 問題発見解決力

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 複素数、連続、解析的な関数、微分、冪級数、積分、特異点、テーラー級数、ローラン級数、留数定理

**Keywords** complex number, continuous, analytical function, differentiate, power series, integrate, Taylor series, Laurent series, residual theorem

## 学習内容

第1回 複素数の四則演算

第2回 極形式とガウス平面

第3回 初等関数(三角関数、指数関数、対数関数)の拡張

第4回 複素関数の微分(I)

第5回 複素関数の微分(II)

第6回 特異点とローラン展開

**受講要件** 特になし。

**予め履修が望ましい科目** 基礎微分積分学、応用微分積分学、数学基礎 工業数学I程度の内容は既知のものとして講義を進める。

**発展科目** 流体力学及び演習、工業数学IV、量子力学、輸送現象論及び演習、連続体力学、数値流体力学、基礎物理学II

**教科書** エルヴィン・クライツィグ著：技術者のための高等数学4 (第8版) 各巻名：複素関数論、培風館

**成績評価方法と基準** 定期試験100%

## オフィスアワー

毎週月曜日10:30~12:00、

場所：工学部合同棟2F 7206号室

電子メールによる質問も受け付ける

**授業改善への工夫** 単に計算法の暗記としての算術ではなく、複素平面を用いた幾何学的イメージで説明するように心がける。

第7回 コーシーの積分定理

第8回 コーシーの積分公式と留数定理

第9回 留数定理による積分(I)

第10回 留数定理による積分(II)

第11回 複素関数の積分定理(I)

第12回 複素関数の積分定理(II)

第13回 テーラー展開と級数の収束条件

第14回 冪級数とテーラー展開(I)

第15回 冪級数とテーラー展開(II)

第16回 定期試験

**学習課題(予習・復習)** 講義中に例題やいくつかの演習問題は解説するが、その他の残った問題は各自で解くように。

# 工業数学A・工業数学B演習

Advanced Engineering Mathematics A, B and Exercises

学期 前期 開講時間 月 8, 9, 10; 水 7, 8, 9 単位 1 年次 学部(学士課程): 2年次 選/必 必修 授業の方法 演習

担当教員 工業数学A演習: 西村 顕(工学研究科機械工学専攻)

工業数学B演習: 高橋 裕(工学研究科機械工学専攻)

## 授業の概要

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

## 学習の目的

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

## 学習の到達目標

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

**本学教育目標との関連** 幅広い教養, 専門知識・技術

## 受講要件

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

## 予め履修が望ましい科目

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

## 発展科目

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

### Keywords

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

## 教科書

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

## 参考書

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

**成績評価方法と基準** 工業数学A演習の評価(50点満点)が30点以上、かつ、工業数学B演習の評価(50点満点)が30点以上を合格とし、これらの合計を評価点とする。

## オフィスアワー

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

## 授業改善への工夫

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

## その他

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

## 学習内容

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

## 学習課題(予習・復習)

工業数学A演習に関しては、「工業数学A」のシラバスを参照。  
工業数学B演習に関しては、「工業数学B」のシラバスを参照。

# 工業数学C（常微分方程式）

Advanced Engineering Mathematics C

学期 前期 開講時間 火5,6 単位 2 対象 工学部総合工学科機械工学コース 年次 学部(学士課程):2年次 選/必 必修 授業の方法 講義  
担当教員 辻本公一（工学研究科機械工学専攻）

**授業の概要** 常微分方程式の解法について学び、演習課題（レポート）を通して解析スキルを身につける。

**学習の目的** 機械工学に関連する専門科目の多くにおいて、さまざまな力学系とそれに付随する微分方程式に関わることとなる。本科目では、将来的に取り扱う工学的諸問題の解決に必要な数学的解析能力を醸成するため、基本的な微分方程式の解法について学ぶ。また、レポート課題を通じて解析スキルの習熟をはかる。

**学習の到達目標** 定量的な目標として、教科書（技術者のための高等数学1, 近藤次郎他訳）の問題を理解し解答できるレベルを目指す。

**本学教育目標との関連** 主体性, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力

**受講要件** 特になし。

**予め履修が望ましい科目** 入門数学演習

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

微積分学の応用能力

学科キーワード：常微分方程式、連立微分方程式、偏微分方程式

**Keywords** Engineering mathematics, Ordinary differential equations

### 学習内容

- 第 1回 常微分方程式の基本用語・概念について
- 第 2回 1階の常微分方程式（変数分離形）の解法
- 第 3回 1階の常微分方程式（同次形）の解法
- 第 4回 1階の常微分方程式（完全微分方程式）の解法
- 第 5回 1階線形微分方程式の解法
- 第 6回 2階の同次線形微分方程式の特性について

**発展科目** 力学系科目

**教科書** 技術者のための高等数学1（近藤次郎他訳、培風館）

**参考書** なし

### 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、8割以上出席した者に対して単位を与える。

評価は、宿題レポート（40点）、試験（60点）の総計100点で行い、総計点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 毎週月曜日12:00から13:00 第一合同棟辻本教員室

**授業改善への工夫** レポート提出を通して受講生の理解状況を判断しながら弾力的に講義スケジュールの調整を行う。また、授業の進展に対応したレポート課題の提示を行う。

**その他** なし

- 第 7回 2階の同次線形微分方程式の解法
- 第 8回 2階の非同次線形微分方程式の解法
- 第 9回 任意階数の同次線形線形微分方程式の解法
- 第 10回 任意階数の非同次線形線形微分方程式の解法
- 第 11回 連立微分方程式（同次方程式）の解法
- 第 12回 連立微分方程式（非同次方程式）の解法
- 第 13回 べき級数について
- 第 14回 微分方程式のべき級数による解法
- 第 15回 微分方程式と直交関数
- 第 16回 定期試験

### 学習課題（予習・復習）

授業前には、指定する教科書の内容について読んでおくこと。  
授業後には、指定する教科書の演習問題について解くこと。

**授業の概要** 理工学では周期的な現象がしばしば現れる。それらを基本的な周期関数である正弦・余弦関数で表すことは実用上重要で、このようなフーリエ級数は有用な数学的手段の1つである。フーリエ積分は非周期関数の場合における周期関数の連続的な重ね合わせへの拡張と考えることができる。フーリエ積分に関連するフーリエ変換により、現象を時間領域から周波数領域に変換して取り扱うことができる。また、ラプラス変換はフーリエ変換と密接に関連しており、これらは常微分方程式や偏微分方程式の解法へ応用することができる。例えば、ラプラス変換により微分方程式の解法を代数の問題に帰着でき、初期値問題を一般解を求めずに直接解くことなどができる、これらの変換および解法の習得を目標とする。

**学習の目的** 本講義で到達できるレベルは、たとえばFE試験のDifferential EquationsのLaplace TransformsとそのApplication、Integral CalculusのFourier SeriesとFourier Transformsの問題が解けるレベルがあげられる。

**学習の到達目標** フーリエ級数、フーリエ積分、フーリエ変換、ラプラス変換を理解し、種々の関数の変換を行うことができる。それらの変換を用いて、微分方程式を解くことができる。

**本学教育目標との関連** 幅広い教養、専門知識・技術、論理的・批判的思考力

**予め履修が望ましい科目** この授業の基礎としては、「基礎微分積分学」、「基礎線形代数学」の行列や固有値問題、「工業数学

II」の複素関数論、「工業数学III」の微分方程式があり、これらの知識を直接利用して授業を進めたり、解法の比較を行うので、これらの習得は必要不可欠である。

**発展科目** この科目は機械系専門科目の基礎となる科目であり、関連する科目は多岐にわたる。

**教科書** 特になし。自作プリントの配布など。

#### 参考書

Advanced Engineering Mathematics (E. Kreyszig, John Wiley & Sons)  
技術者のための高等数学1,3 (近藤次郎他訳, 培風館)

#### 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、8割以上出席した者に対して単位を与える。

評価は、定期試験(100点)で行い、60点以上を合格とし、点数/10を四捨五入して最終成績とする。

#### オフィスアワー

水曜日9時限、第1合同等棟4階加藤教室にて対応(事前連絡のこと)。

電子メールによる受け付け可

**授業改善への工夫** 演習付き講義ではないが、講義だけでなく、できるだけ演習を行う。授業時間を講義、例題解説、演習の3つに分け、演習問題を解説する時間も設ける。

#### 授業計画・学習の内容

##### キーワード

フーリエ級数、フーリエ変換、フーリエ変換、ラプラス変換  
微分方程式の解法と応用

##### Keywords

Fourier series, Fourier integral, Fourier transforms, Laplace transform  
Differential equation

##### 学習内容

授業内容:

- |     |   |
|-----|---|
| 第1回 | 1. 線形常微分方程式の復習<br>任意階数の同次、非同次方程式                |
| 第2回 | 連立線形常微分方程式                                      |
| 第3回 | 微分方程式のべき級数解                                     |
| 第4回 | 直交関数展開  |
| 第5回 | 2. フーリエ級数、フーリエ積分、フーリエ変換<br>周期関数とフーリエ級数、複素フーリエ級数 |

- |      |                        |
|------|------------------------|
| 第6回  | フーリエ積分                 |
| 第7回  | フーリエ変換                 |
| 第8回  | フーリエ変換の性質。種々の関数の変換     |
| 第9回  | 偏微分方程式への応用             |
| 第10回 | 3. ラプラス変換<br>ラプラス変換の性質 |
| 第11回 | 微分と積分のラプラス変換           |
| 第12回 | 推移、変換の微分と積分            |
| 第13回 | 逆ラプラス変換(部分分数展開法)       |
| 第14回 | 周期関数のラプラス変換            |
| 第15回 | 微分方程式への応用              |
| 第16回 | 定期試験                   |

#### 学習課題(予習・復習)

演習書の問題から数問選んで、講義時間中に学生に解答させる。関連するその他の問題も各自解くこと。講義終了後に解答例を公開する。

**授業の概要**

確率・統計は、工学全般にわたって広く活用されている。たとえば実験結果の「大きい」、「小さい」、「違いがない」などの評価を客観的にするときに、統計的検定は必須である。本講義では、確率・統計の基礎を説明することを目的とする。講義に際しては、計算方法を教えるだけでなく、例えば、数ある検定の中で代表的なものに絞込んで考え方を説明することに重点を置く。

**学習の目的**

組み合わせやデータの分布から、確率の計算・評価、検定ができるようになる、統計学の基礎が理解できるようになることを目的とする。

**学習の到達目標**

組み合わせや順列から、ある条件の確率を計算できる。  
あるデータの分布から、標準偏差やバラつきが計算できる。  
あるデータの分布から、確率検定ができる。  
統計学の基礎が理解できる。  
例えばFE試験のMATHEMATICS分野におけるProbability and Statisticsの問題が容易に解ける。

**本学教育目標との関連** 共感, 主体性, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 問題発見解決力

**授業計画・学習の内容**

**キーワード** 確率, 統計, 検定

**Keywords** probability, statistics, statistical test

**学習内容**

## I. 確率

- 第 1 回: 集合, 場合の数, 順列, 組合せ, 事象, 確率
- 第 2 回: 離散確率関数, 離散確率関数の分布関数, 離散確率関数の平均
- 第 3 回: 離散確率関数の分散と標準偏差 (分散)
- 第 4 回: 離散確率関数の分散と標準偏差 (共分散, 分散の伝搬)
- 第 5 回: 連続関数の分布関数, 連続関数の平均, 連続関数の分散
- 第 6 回: 二項分布,
- 第 7 回: ポアソン分布, 正規分布

**受講要件** なし

**予め履修が望ましい科目** なし

**教科書** 図解確率・統計入門 (野村由司彦, コロナ社)

**参考書**

確率のはなし (大村 平, 日科技連),  
統計のはなし (大村 平, 日科技連)

**成績評価方法と基準**

- ・12回以上講義に出席すること, およびすべての課題を提出することを単位認定の前提条件とする。
- ・評価: 課題 (20点満点), および期末試験 (80点満点) の合計得点について, 得点の1/10の小数点以下を切り捨てたものを最終成績とする。
- ・最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー**

・本科目の担当者への連絡は, アドレス ando@mach.mie-u.ac.jp にメールを送り, 予約をしてください。  
・共通教育棟1号館2階203号室「数学なんでも相談室」小保方よしの非常勤講師からも,  
本科目はもとより数学全般について, 指導を受けることができる。

第 8 回: カイ2乗分布

第 9 回: スチューデントのt分布

第10回: フィッシャーの分布 (F分布)

## II. 統計

第11回: 計的推論, 不偏推定, 母平均の区間推定, 母分散の区間推定

第12回: 母平均の検定, 母平均の差の検定

第13回: 分散の比の検定

第14回: 分散分析 (1因子実験)

第15回: 分散分析 (2因子実験)

第16回: 期末試験

**学習課題 (予習・復習)** 毎回, 授業で学んだ内容に対応させて, および教科書の「問い」を復習課題として解いてノートに記入し, 一部を小レポートとして提出してもらおう。

学期 前期 開講時間 水 2, 3 単位 2 対象 工学部総合工学科機械工学コース 年次 学部(学士課程): 2年次 選/必 必修

授業の方法 講義, 演習

担当教員 池浦良淳(工学研究科機械工学専攻)

### 授業の概要

力学は機械工学を勉強するための重要な基礎知識の一つである。機械工学に必要な力学の概念を習得するために、高校物理の力学、大学で履修した「基礎物理学I」に続いて、力学では「質点系および剛体の力学」および「解析力学の基礎」について学習する。授業では数式が多く出てくるが、実際の現象との関係を例示することにより理解し易いように配慮する。

学習内容の理解を深めるために、既習の力学を含む力学全体についての演習の時間を設ける。例題や演習問題を解くことにより、自分の記憶だけでは対処できない問題についても、考えたり、調べたりしながら、出題された内容を十分理解したうえで解答を導く習慣が身につくことを目指す。

(Course description/outline)

Mechanics is one of the important basic knowledge for studying mechanical engineering. In order to master the concepts of mechanics required for mechanical engineering, in mechanics of high school physics, "basic physics" taken at university and this class "mechanics", "mechanism of mass systems and rigid bodies" and learn the basics of "analytical mechanics". Although many mathematical formulas appear in the class, consideration will be given to ease understanding by exemplifying the relationship with actual phenomena. In order to deepen the understanding of the learning content, we provide time for exercises on the whole mechanics including the mechanics already learned. By solving examples and exercises, students aim to acquire a habit that leads to answering questions after fully understanding the content of the questions while thinking and examining problems that cannot be dealt with only by their own memory.

### 学習の目的

剛体の運動を数学的に解析できるようになるために、剛体の運動方程式の意味、導出方法、解き方を理解できるようになることを目的とする。

(Learning objectives)

In order to be able to analyze the motion of a rigid body mathematically, the purpose is to understand the meaning, the derivation method, and the solving method of the equation of motion of the rigid body.

### 学習の到達目標

本講義で到達できるレベルは、例えばFE試験のSTATICS分野のMoment of Inertia、Vector Forces、Dynamics分野のForce, Mass & Acceleration、Momentum、Work & Energyに関する問題が解ける程度のレベルである。

(Achievements)

The level that can be achieved in this lecture is, for example, a level that can solve problems related to Moment of Inertia, Vector Forces in the STATICS field of the FE examination, Force, Mass & Acceleration, Momentum, Work & Energy in the field of Dynamics.

### 本学教育目標との関連 専門知識・技術

### 受講要件

1年次後期までに開講している「入門物理学演習」、「数学科目」及び「基礎物理学I」を履修済みであること

(Prerequisites)

Have completed "Introductory Physics Seminar", "Mathematics" and "Basic Mechanics I" that have been offered by the end of the first year

### 予め履修が望ましい科目

とくになし

(Courses encouraged to take in advance)

No restrictions

### 発展科目

この授業の基礎については各回の「必要な基礎知識」に示してある。この授業の発展・応用として「材料力学」、「機械力学」、「流体力学」、「工業熱力学」などのいわゆる「力学科目」があるが、機械工学の専門科目全般に関して基礎になっている授業でもある。

(Advanced courses)

The basics of this lesson are shown in the "Necessary basic knowledge" of each lesson. As the development and application of this class, there are so-called "mechanics subjects" such as "material mechanics", "mechanical mechanics", "fluid mechanics", and "industrial thermodynamics". It is also a basic class for all subjects.

### 教科書

力学「新訂版」(サイエンス社)

(Textbooks)

Mechanics "New Edition" (Science)

### 参考書

DRILL for Mechanical Engineering Volume 1 (三重大学工学部機械工学科編、三重大学出版会)、力学(裳華房)、力学の考え方(岩波書店)、その他「力学」が書名に含まれている本全般

(Reference materials)

DRILL for Mechanical Engineering Volume 1 (Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mie University, Mie University Press), Mechanics (Shokabo), Concepts of Mechanics (Iwanami Shoten), and other books with "Mechanics" in their titles

### 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、8割以上出席した者が成績評価の対象になる。

評価は、演習解答及び宿題レポート(40点)、期末試験(60点)の総計100点で行い、総計点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。ただし、期末試験が60点未満の場合(は、不合格とする。

(Grading policies and criteria)

Attendance is a necessary condition, and those who have attended 80% or more will be subject to grade evaluation. The evaluation will be based on a total of 100 points for the exercise answer, homework report (40 points), and the final examination (60 points). However, if the final exam is less than 60 points, it will be rejected.

### オフィスアワー

前期後期とも水曜日5、6限(第2水曜日を除く)に、池浦教員室(工学部機械棟2315号室)で対応するが、なるべく電子メールにより連絡すること。

(Office hour)

We will respond to the 5th and 6th quarters (excluding the 2nd Wednesday) in the Room 2315, Machinery Building, Faculty of Engineering.

### 授業改善への工夫

予習、復習の参考のために、このシラバスに毎回の授業の内容だけではなくその日の授業に必要な基礎知識を示している。さらに、学生が主体的に授業に参加できる方法を年度毎に改善を加えながら実施している。授業内容の理解を助けるために、復習的な項目については学生が主体的にノートをとる時間を取ると共にその時間に学生からの質問を受けている。

(Ideas for improving classes)

For reference of preparation and review, this syllabus shows not only the content of each class but also the basic knowledge necessary for the class of the day. In addition, we are implementing a method for students to independently participate in classes while making improvements every year. In order to help students under-



stand the content of the lesson, students take the time to independently write notes on review items and receive questions from stu-

dents during that time.

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 質点系、剛体、ダランベールの原理、ラグランジュの運動方程式

**Keywords** System of particles, Rigid body, D'Alembert's principle, Lagrange equation of motion

### 学習内容

- 第1回 質点系の運動方程式
- 第2回 運動量保存則
- 第3回 角運動量とその保存則
- 第4回 質点系のつりあい条件
- 第5回 2体問題
- 第6回 剛体の静力学
- 第7回 固定軸のある剛体の運動
- 第8回 慣性モーメント
- 第9回 剛体の力学的エネルギー
- 第10回 剛体の平面運動
- 第11回 解析力学の概念、仮想仕事の原理
- 第12回 ダランベールの原理
- 第13回 ハミルトンの原理
- 第14回 ラグランジュの運動方程式
- 第15回 ハミルトンの正準運動方程式
- 第16回 定期試験

(Course contents)

- 1 Equation of motion for mass system
- 2 Momentum conservation law
- 3 Angular momentum and its conservation law
- 4 Balancing condition of mass system
- 5 Two body problem
- 6 Rigid body statics
- 7 Rigid body motion with fixed axis
- 8 Moment of inertia
- 9 Mechanical energy of rigid body
- 10 Planar motion of a rigid body
- 11 Concept of analytical mechanics, the principle of virtual work
- 12 Principle of d'Alembert
- 13 Hamilton's principle
- 14 Lagrangian equation of motion
- 15 Hamilton's canonical equation of motion
- 16 Regular Exam

### 学習課題（予習・復習）

必要な基礎知識（高校の物理および数学、大学で既習の数学、入門数学演習、入門物理学演習、力学Ⅰで学習した事柄）を以下に示す。予習・復習の参考にすること。

- 第1回 ベクトル演算，内力，外力，重心
- 第2回 角運動量
- 第3回 ベクトル積
- 第4回 力とモーメントのつりあい
- 第5回 ベクトル演算
- 第6回 力とモーメントのつりあい
- 第7回 慣性モーメント，角加速度
- 第8回 慣性モーメント
- 第9回 力学的エネルギー
- 第10回 運動方程式
- 第11回 仮想仕事の原理
- 第12回 ダランベールの原理
- 第13回 ハミルトンの原理
- 第14回 ラグランジュの運動方程式
- 第15回 ハミルトンの正準運動方程式

(Contents for pre and post studies)

The basic knowledge required (high school physics and mathematics, mathematics previously learned at university, introductory mathematics exercises, introductory physics exercises, mechanics I) is shown below. Use as a reference for preparation and review.

- 1 Vector operation, internal force, external force, center of gravity
- 2 Angular momentum
- 3 Vector product
- 4 Balance of force and moment
- 5 Vector operation
- 6 Balance of force and moment
- 7 Moment of inertia, angular acceleration
- 8 Moment of inertia
- 9 Mechanical energy
- 10 Equation of motion
- 11 Principle of virtual work
- 12 Principle of d'Alembert
- 13 Hamilton's principle
- 14 Lagrangian equation of motion
- 15 Hamilton's canonical equation of motion

学期 前期 開講時間 金 2,3 単位 2 対象 工学部機械工学コース 年次 学部(学士課程): 2年次 選/必 必修 授業の方法 講義, 演習  
担当教員 稲葉 忠司 (工学研究科機械工学専攻), 吉川 高正 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 機械や構造物の設計にあたっては、製作された機械構造物が、使用期間中に外力によって破壊したり、大きく変形したりしないようにしなければならない。材料や構造物がもつ破壊に対する抵抗を強度と呼び、構造物に外力が加わっても破壊しないということは、材料が十分な強度を有していることを意味する。また、変形に対する抵抗を剛性と呼び、変形が小さい構造物は十分な剛性を有するという。このように十分な強度と剛性を有する安全な構造物を設計するためには、外力が作用したときの構造物の力の伝わり方や変形を解析することが必要であり、材料力学はこの解析を行うことを目的としている。したがって、材料力学は機械構造物の設計において強度や剛性を保証して、安全に使用されるようにするための基礎学問であり、将来機械エンジニアを目指す学生にとって不可欠な学問である。

**学習の目的** 十分な強度と剛性を有する安全な構造物を設計するための基礎知識について学び、理解することを目的とする。

**学習の到達目標** 応力とひずみの概念、および両者の関係を表すフックの法則について知り、棒の引張・圧縮、はりの曲げ、丸棒のねじり、長柱の座屈などの各事象について、強度と剛性を説明できるようになることを到達目標とする。

**本学教育目標との関連** 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 問題発見解決力

**受講要件** 特になし。

#### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 強度, 剛性, 応力, ひずみ, 弾性, フックの法則, 引張・圧縮, 熱応力, トラス, 衝撃応力, ねじり, 曲げ, ねじり, 座屈

#### Keywords

Strength, Stiffness, Stress, Strain, Elasticity, Hooke's law, Tension and compression, Thermal stress, Truss, Impact stress, Bending, Torsion, Buckling

#### 学習内容

第1回 イントロダクション

第2回 機械・構造物の強度設計の基礎を学ぶ。キーワードは、強度および剛性である。引張負荷を中心に解説する。自重で壊れないための設計法、平等強さの棒などを演習する(引張・圧縮応力とひずみ、弾性と塑性、材料の強度と許容応力)。

第3回 構造物が高温にさらされる場合の安全性について学び、演習行う(熱応力、不静定問題)。

第4回 トラスなど構造物の応力・変形解析法の基礎を学び、演習する(トラス、構造物の強度)。

**予め履修が望ましい科目** この授業に先立って、応用微分積分学などで学ぶ微分・積分に習熟しておく必要がある。

**発展科目** この授業の発展・応用として、連続体力学、計算機援用工学、機械設計製図Ⅰ(ウインチの設計)がある。

**教科書** 材料力学—機械設計の基礎—(戸伏壽昭ほか, コロナ社)

#### 参考書

機械工学入門シリーズ2「材料の力学」(富田佳宏ほか, 朝倉書店)

機械工学エッセンス1「材料力学」(田中啓介・木村英彦, 培風館)

#### 成績評価方法と基準

すべての演習問題の解答提出を必須とする。

評価は、定期試験(100点満点)で行い、点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

#### オフィスアワー

水曜日18:00~19:00に、機械棟4階稲葉教員室および吉川教員室にて対応。

電子メールによる受け付け可。

**授業改善への工夫** 毎回の授業において、その日学ぶ項目の重要性・面白さをしっかりと説明する。毎回の授業は、完結し、前半講義・後半演習とする。演習にあたっては、大学院学生TAが、学生個人個人の疑問に応える。遅刻・私語は一切認めない。

第5回 構造物に衝撃荷重が加わる場合の安全性について学び、演習を行う(衝撃応力, ひずみエネルギー)。

第6回 平面図形の幾何学的性質について学び、演習を行う。

第7回 真直はりの曲げⅠ(基本的な荷重条件における曲げモーメント)を学び、演習する。

第8回 真直はりの曲げⅡ(種々の荷重条件における曲げモーメント)を学び、演習する。

第9回 真直はりの曲げⅢ(応力解析)を学び、演習する。

第10回 真直はりの曲げⅣ(平等強さのはり)を学び、演習する。

第11回 真直はりの曲げⅤ(たわみ解析)を学び、演習する。

第12回 真直はりの曲げⅥ(はりの不静定問題)を学び、演習する。

第13回 円形断面棒のねじり強度・変形解析法を学び、演習する(せん断応力, せん断ひずみ)。

第14回 構造物の不安定現象(座屈)についての解析法を学び、演習する。

第15回 まとめ

第16回 定期試験

# 力学・材料力学演習

## Exercises on Mechanics and Strength of Materials

学期 前期 開講時間 水 4; 金 4 単位 1 対象 工学部総合工学科機械工学コース 年次 学部(学士課程): 2年次 選/必 必修 授業の方法 演習

担当教員 力学演習: 池浦良淳 (工学研究科機械工学専攻)

材料力学演習: 稲葉忠司, 吉川高正 (工学研究科機械工学専攻)

### 授業の概要

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

(Course description/outline)

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

### 学習の目的

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

(Learning objectives)

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

### 学習の到達目標

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

(Achievements)

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

### 本学教育目標との関連 専門知識・技術

### 受講要件

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

(Prerequisites)

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

### 予め履修が望ましい科目

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

(Courses encouraged to take in advance)

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

### 発展科目

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

### 授業計画・学習の内容

#### キーワード

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

#### Keywords

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

#### 学習内容

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

(Advanced courses)

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

### 教科書

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

(Textbooks)

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

### 参考書

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

(Reference materials)

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

### 成績評価方法と基準

力学演習の評価 (50点満点) が30点以上、かつ、材料力学演習の評価 (50点満点) が30点以上を合格とし、これらの合計を評価点とする。

(Grading policies and criteria)

The evaluation of Exercises on Mechanics (50 points) with a score of 30 or more and the evaluation of Exercises on Strength of Materials (50 points) with a score of 30 or more are accepted for passing the course.

### オフィスアワー

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

(Office hour)

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

### 授業改善への工夫

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

(Ideas for improving classes)

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

(Course contents)

For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of "Strength of Materials".

### 学習課題 (予習・復習)

力学演習に関しては、「力学」のシラバスを参照すること。

材料力学演習に関しては、「材料力学」のシラバスを参照すること。

(Contents for pre and post studies)  
For Exercises on Mechanics, see the syllabus in "Mechanics".

For Exercises on Strength of Materials, refer to the syllabus of  
"Strength of Materials".

## 授業の概要

機械本来の性能を十分発揮する機械設計を行うためには、材料の静的な強度だけではなく、機械や機械部品の動力的挙動に関する知識が重要になる。この授業では、機械の動力的挙動の中で最も重要な問題である振動現象に着目して基礎的な事項を学ぶ。授業では数式が多く出てくるが、実際の現象との関係をできるだけ多く例示することにより理解し易いように配慮する。

学習内容の理解を深めるために、演習の時間を設ける。受講生諸君は、出題された問題について集中的かつ系統的に考え、内容を十分理解したうえで解答する習慣を身につけると共に、講義と演習の時間を有効に使い、機械装置の振動問題の基本的な解析についての理解を深め、応用力を養ってほしい。

(Course description/outline)

In order to design a machine that fully demonstrates the inherent performance of the machine, knowledge of not only the static strength of the material but also the dynamic behavior of the machine and machine parts is important. In this lesson, students learn the basics by focusing on the vibration phenomenon, which is the most important problem in the dynamic behavior of machines. Although many mathematical expressions appear in the lesson, we consider as much as possible the relationship with the actual phenomena by illustrating as much as possible.

We will provide time for exercises to better understand the learning content. Students will concentrate and systematically think about the questions that have been set up, acquire the habit of answering them after fully understanding the contents, use the time of lectures and exercises effectively, and learn the vibration problems of mechanical equipment. We want you to deepen your understanding of basic analysis and cultivate applied skills.

## 学習の目的

機械構造物の振動特性を解析するため、1自由度及び2自由度振動系の運動方程式の導出、その解法及び解析手法について理解できるようにすることを目的とする。

(Learning objectives)

The purpose of this study is to be able to understand the equations of motion of one- and two-degree-of-freedom vibration systems, and to understand their solutions and analysis methods in order to analyze the vibration characteristics of mechanical structures.

## 学習の到達目標

本講義で到達できるレベルは、例えばFE試験のDYNAMICS分野のForce, Mass & Acceleration、Vibrations、選択問題のDynamic Systemsの問題が解けるレベルである。

(Achievements)

The level that can be achieved in this lecture is, for example, the level that can solve Force, Mass & Acceleration, Vibrations, and Dynamic Systems questions in the DYNAMICS field of the FE examination.

**本学教育目標との関連** 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 問題発見解決力

## 受講要件

2年次前期までの「入門物理学演習」、「数学科目」、「力学I」及び「力学2および演習」を履修済みであること(単位は未取得でもよい)。

(Prerequisites)

Students must have completed "Introductory Physics Exercise", "Mathematics", "Mechanics I" and "Mechanics II and Exercise" up to the first half of the second year (credits may not be acquired).

## 予め履修が望ましい科目

この授業の基礎知識は、「力学I」のニュートンの第2法則、高

校で習った三角関数、「工業数学III」で学ぶ常微分方程式、「工業数学II及び演習」の複素数などである。特に、「工業数学III」の教科書の常微分方程式の例題の多くは振動に関するもので、本授業は常微分方程式の解法の復習にもなっている。

(Courses encouraged to take in advance)

The basic knowledge of this class is Newton's second law of "Mechanics I", trigonometric functions learned in high school, ordinary differential equations learned in "Industrial Mathematics III", and complex numbers in "Industrial Mathematics II and exercises". In particular, many examples of ordinary differential equations in the textbook of "Industrial Mathematics III" relate to vibration, and this lesson is a review of how to solve ordinary differential equations.

## 発展科目

この授業の発展・応用としては「振動工学」、「制御工学及び演習」などがあり、「振動工学」はこの授業の応用編である。

(Advanced courses)

The development and application of this class include "vibration engineering" and "control engineering and exercises". "Vibration engineering" is an applied version of this class.

## 教科書

振動学 (日本機械学会)

(Textbooks)

Vibration (Japan Society of Mechanical Engineers)

## 参考書

DRILL for Mechanical Engineering Volume 1 (三重大学工学部機械工学科編、三重大学出版会), 振動工学(基礎編)(コロナ社), 工業基礎振動学(養賢堂), わかりやすい機械力学(森北出版), 「工業数学III」の教科書及び参考書

(Reference materials)

DRILL for Mechanical Engineering Volume 1 (Mie University Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Mie University Press), Vibration Engineering (Basic) (Corona), Industrial Basic Vibration (Yokendo), Easy-to-understand Mechanical Mechanics (Morikita Publishing), textbook and reference book of "Industrial Mathematics III"

## 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、8割以上出席した者が成績評価の対象になる。

評価は、演習解答及び宿題レポート(40点)、期末試験(60点)の総計100点で行い、総計点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。ただし、期末試験が60点未満の場合は、不合格とする。

(Grading policies and criteria)

Attendance is a necessary condition, and those who have attended 80% or more will be subject to grade evaluation. The evaluation will be based on a total of 100 points for the exercise answer, homework report (40 points), and the final examination (60 points). However, if the final exam is less than 60 points, it will be rejected.

## オフィスアワー

前期後期とも水曜日5、6限(第2水曜日を除く)に、池浦教員室(工学部機械棟2315号室)で対応するが、なるべく電子メールにより連絡すること。

(Office hour)

We will respond to the 5th and 6th quarters (excluding the 2nd Wednesday) in the Room 2315, Machinery Building, Faculty of Engineering. Contact by email if possible.

## 授業改善への工夫

学生が主体的に授業に参加できる方法を年度毎に改善を加えながら実施している。

(Ideas for improving classes)

We are implementing a method for students to independently par-

ticipate in classes while making improvements every year.

## 授業計画・学習の内容

---

**キーワード** 自由振動, 強制振動, 固有角振動数, モード, 動吸振器

**Keywords** Free vibration, Forced vibration, Natural angular frequency, Mode, Dynamic vibration absorber

### 学習内容

第1回 振動学とは?

第2回 減衰のない1自由度系の振動

第3回 エネルギー法による固有振動数の計算法

第4回 減衰のある1自由度系の振動

第5回 ばね, 減衰器がある複数ある場合のばね定数, 減衰係数

第6回 強制振動の導入

第7回 1自由度系の強制振動の運動方程式

第8回 定常応答と共振特性

第9回 強制振動における仕事

第10回 振動の伝達

第11回 過渡応答

第12回 2自由度振動系の運動方程式

第13回 固有振動数と固有振動モード

第14回 自由振動の解

第15回 強制振動, 動吸振器, モード解析

第16回 定期試験

(Course contents)

1 What is Vibration?

2 Vibration of one degree of freedom system without damping

3 Calculation method of natural frequency by energy method

4 Vibration of one-degree-of-freedom system with damping

5 Spring constant and damping coefficient when there are multiple springs and dampers

6 Introduction of forced vibration

7 Equation of motion of forced vibration of 1DOF system

8 Steady-state response and resonance characteristics

9 Work at forced vibration

10 Transmission of vibration

11 Transient response

12 Equation of motion of two-degree-of-freedom vibration system

13 Natural frequency and natural mode

14 Free vibration solution

15 Forced vibration, dynamic vibration absorber, mode analysis

16 Regular Exam

### 学習課題 (予習・復習)

予習: 各回に相当する教科書の内容を読み, 理解できないところをつかんでおく.

復習: 各回に出された演習問題を再度, 自分で解いてみる.

(Contents for pre and post studies)

Preparatory lesson: Read the contents of the textbook corresponding to each lesson, and grasp what you do not understand.

Review: Try to solve the exercises given each time again.

**授業の概要** 機械材料は金属材料のことを指すことが多い。金属材料は原子間の金属結合により、目に見える大きさになり、私たちはそれを硬く強い材料として用いている。しかしながら、純金属のままでは高強度構造体を作ることは難しい。金属材料の高強度化手法として、合金化とその後続く熱処理、加工が挙げられる。これらを理解するために、原子レベルの視点で結晶構造、相変態、拡散現象、変形機構、破壊現象などを学ぶ。また、合金に関しては、平衡状態図、顕微鏡組織変化、固溶強化などの強硬化、材料試験法について学ぶ。また、主たる機械材料である鋼（はがね）について、それらの製造法、種類、熱処理と顕微鏡組織との関係、表面硬化法などを学ぶ。

**学習の目的** 機械材料に要求される性質は、高強度・長寿命である。そのため、金属材料が用いられることが多い。金属材料メーカーは主たる金属元素に強化元素を添加させた合金を製造し、熱処理などの後処理を行うことで要求性能を満たしている。金属材料の性質を理解する上で忘れてはならないことは、1メートルの大きさをもつ材料であっても、性質に影響を与える構成要素は結晶粒もしくは原子であることである。本講義では、純金属の性質から材料内部でおきるミクロな現象を知ることで、我々が必要とするマクロな性質の発現を理解できるよう学習する。

**学習の到達目標** 機械設計の材料選択時において必要な材料学分野での基礎知識を習得する。純金属と合金の相異点および熱処理

をはじめとする材料強化法の定性的理解、合金系平衡状態図による相変態の定量的評価法と顕微鏡組織との関係および材料の強さに関する材料評価法と破壊形態について専門知識を身につける。

**本学教育目標との関連** 主体性, 専門知識・技術

**受講要件** 特に無し。

**発展科目** 金属材料学

**教科書** 改訂新版基礎機械材料学（金子純一・須藤正俊・菅又信編著 朝倉書店）

**参考書** 機械材料(打越二爾、東京電機大学出版局)、鉄と鉄鋼材料がわかる本（新日本製鐵編、日本実業出版社）

**成績評価方法と基準** 8割以上の出席を単位取得のための必要条件とする。定期試験において60点以上の成績を合格とする。

**オフィスアワー**

適宜, 対応する 場所: 機械棟4F2413室  
 電子メールによる対応も行う。

**授業改善への工夫** 図を多用した説明を多用する。各回において、要点を絞り講義をし、演習にて理解を深めるよう時間構成の工夫をする。

**その他** 「考える力」=100%

### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 金属, 結晶構造, 相変態, 合金, 平衡状態図, 熱処理, 鋼

**Keywords** Metal, Crystalline structure, Transformation, Alloy, Equilibrium diagram, Heat treatment, Steel

#### 学習内容

- 第1回 金属の構造
- 第2回 金属結晶の性質
- 第3回 純金属の相変態
- 第4回 拡散現象
- 第5回 合金の熱力学1

- 第6回 合金の熱力学2
- 第7回 製鉄と製鋼
- 第8回 鉄-炭素系平衡状態図
- 第9回 格子欠陥と転位
- 第10回 変形と破壊
- 第11回 材料試験法
- 第12回 熱処理
- 第13回 強硬化と表面硬化法
- 第14回 鉄鋼材料1
- 第15回 鉄鋼材料2
- 第16回 定期試験

# 機械力学・機械材料学演習 Exercises on Dynamics of Machinery and Materials for Mechanical Engineering

学期 後期 開講時間 月4,7 単位 1 対象 工学部総合工学科機械工学コース 年次 学部(学士課程):2年次 選必 必修 授業の方法 演習

担当教員 機械力学演習：池浦良淳（工学研究科機械工学専攻）

機械材料学演習：川上博士（工学研究科機械工学専攻）

## 授業の概要

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Course description/outline)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

## 学習の目的

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Learning objectives)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

## 学習の到達目標

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Achievements)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

## 本学教育目標との関連 専門知識・技術

## 受講要件

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Prerequisites)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

## 予め履修が望ましい科目

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Courses encouraged to take in advance)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

## 発展科目

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Advanced courses)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

## 教科書

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Textbooks)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

## 参考書

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Reference materials)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

## 成績評価方法と基準

機械力学演習の評価（50点満点）が30点以上、かつ、機械材料学演習の評価（50点満点）が30点以上を合格とし、これらの合計を評価点とする。

(Grading policies and criteria)

The evaluation of Exercises on Dynamics of Machinery (50 points) with a score of 30 or more and the evaluation of Exercises on Materials for Mechanical Engineering (50 points) with a score of 30 or more are accepted for passing the course.

## オフィスアワー

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Office hour)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

## 授業改善への工夫

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Ideas for improving classes)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

## 授業計画・学習の内容



**キーワード**

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

**Keywords**

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

**学習内容**

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Course contents)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

**学習課題（予習・復習）**

機械力学演習に関しては、「機械力学」のシラバスを参照すること。

機械材料学演習に関しては、「機械材料学」のシラバスを参照すること。

(Contents for pre and post studies)

For Exercises on Dynamics of Machinery, see the syllabus in "Dynamics of Machinery".

For Exercises on Materials for Mechanical Engineering, refer to the syllabus of "Materials for Mechanical Engineering".

**授業の概要** 「機械力学及び演習」で学習した機械振動の基本知識を実際の機械装置の振動現象の解明に役立てるために、動吸振器、回転体、連続体、非線形振動系のモデル化及び振動解析の手法を学ぶ。この授業により、機械装置や構造物の動的設計で必要になる種々の動力学系の振動について体系的に学習できる。授業では数式が多く出てくるが、実際の現象との関係をできるだけ多く例示することにより理解し易いように配慮する。この授業の時間割には演習の時間を設けてないが、各自が積極的に宿題レポートの問題および教科書の例題と章末問題を解くことにより、講義の内容についての理解を深め、応用力を養ってほしい。

**学習の目的** 機械装置や構造物で発生する種々の振動現象について体系的に学び、機械機器の動的設計で必要になる種々の振動問題について、力学的、数学的な解析ができる能力を身につけることができる。

**学習の到達目標** 本講義で到達できるレベルは、例えばFE試験のDYNAMICS分野のForce, Mass & Acceleration、Vibrations、選択問題のDynamic Systemsの問題が解けるレベルである。

**本学教育目標との関連** 主体性、専門知識・技術、論理的・批判的思考力、問題発見解決力

**受講要件** 3年次前期までに開講されている「物理学入門演習」、「数学科目」、「力学Ⅰ」、「力学Ⅱ及び演習」、「材料力学及び演習」及び「機械力学及び演習」が履修済みであること(単位は未取得でもよい)。特に、「機械力学及び演習」はシラバス記載の出席条件を満たして履修済みであることが必要条件になる。

**予め履修が望ましい科目** この授業の基礎については各回の「必要な基礎知識」に示してある。主な基礎知識は、「力学Ⅰ」のニュートンの第2法則、高校で習った三角関数、「数学基礎」のベクトルと行列、「工業数学Ⅲ」の常微分方程式、「工業数学Ⅱ及び演習」の複素数、「材料力学及び演習」のはりの曲げと棒の

ねじりなどである。

### 発展科目

この授業自体が応用科目なので、この授業の発展・応用科目を挙げるのはむづかしいが、卒業後に機械装置や構造物の動的設計を行う時に、この授業の内容がその基礎知識となる。各種の機械・機器の開発や設計において、振動・騒音の低減は非常に重要な課題になるので、機械・機器の開発や設計部門を目指している学生にとっては選択すべき科目の一つである。

### 教科書

昨年度後期の「機械力学及び演習」の教科書をそのまま使う。  
 JSMEテキストシリーズ 振動学 (日本機械学会編 丸善)  
 DRILL for Mechanical Engineering Volume 1 (三重大学工学部機械工学科編、三重大学出版会)

**参考書** 振動工学 (藤田勝久、森北出版)、わかりやすい機械力学 (小寺忠・新谷真功、森北出版) など、書名に「機械力学」、「振動工学」が含まれている本 (三重大学附属図書館に多数あり)

### 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、8割以上出席した者が成績評価の対象になる。評価は、基本的には期末試験の成績で行い、演習や宿題レポートを実施した場合にはその評価を期末試験の成績に加味したものを総合成績点数(100点満点)とする。総合成績点数/10を最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 担当教員は非常勤なので、主に授業時間終了後に教室で対応する。授業時以外での質問は電子メールで対応する。

**授業改善への工夫** 予習、復習の参考のために、シラバスに毎回の授業の内容だけではなくその日の授業に必要な基礎知識を示している。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

運動の法則、自由振動、強制振動、振動解析法  
 動吸振器、1自由度振動系、2自由度振動系、多自由度振動系、回転体の振動、連続体の振動

**Keywords** Newton's law of motion, free vibration, forced vibration, vibration analysis, vibration of 1, 2 and multiple DOF systems, dynamic damper, vibration of rotor, vibration of continuous system

### 学習内容

第1回 機械力学の復習1 (1自由度系の自由振動、強制振動、振動伝達と防振)  
 第2回 機械力学の復習2 (2自由度系の振動)  
 第3回、第4回 2自由度系の強制振動の解析と動吸振器の考え方  
 第5回、第6回 減衰のある動吸振器の設計、動吸振器の実例紹介  
 第7回 回転体の振動(回転軸のふれ回り、自由振動と固有振動数)  
 第8回 回転体の振動(回転軸のねじり振動、回転軸系の振動のまとめ)  
 第9回、第10回 連続体の振動(弦の横振動の運動方程式(波動方程式)

式)の導出及びその解法)

第11回、第12回 連続体の振動(棒の縦振動およびねじり振動)  
 第13回、第14回 連続体の振動(はりのたわみ振動、振動モード)  
 第15回 振動の低減と振動制御の考え方  
 第16回 定期試験

### 学習課題 (予習・復習)

各回の注意事項及び必要な基礎知識を以下に示す。予習・復習の参考にすること。  
 第1回 「機械力学及び演習」で学習した1自由度振動系について演習を行う。必ず教科書を持参すること。  
 第2回 2自由度振動系についての演習を行う。  
 第3回から第6回 連立常微分方程式の解法、動吸振器  
 第7回 回転体の動力学、連立微分方程式の解法  
 第8回 ねじり振動の運動方程式の導出  
 第9回から第11回 偏微分方程式、弾性体力学の基礎、変数分離法、フーリエ級数、フーリエ係数  
 第12回から第14回 材料力学で学習したはりの知識、偏微分方程式、変数分離法  
 第15回 動吸振器、自動制御の基礎知識

# 連続体力学

Continuum Mechanics

学期 前期 開講時間 水 1, 2 単位 2 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義  
担当教員 稲葉 忠司 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 2年生前期において学習する「材料力学および演習」では、機械および構造物を設計する際に必須となる基礎知識について学んだ。そこでは、応用的にできるだけ簡単でしかも便利な結論を導くために、問題の一般化よりはむしろ個々の場合に限って問題を簡単にするための前提を用いた、近似的な考え方が基本となっていた。本講義では、「材料力学および演習」を習得した学生に対し、機械や構造物の強度設計に必要な「変形および応力解析」の中で、材料力学の知識だけでは解決できない問題を一般的・理論的に取り扱うための方法について学習する。

**学習の目的** 機械や構造物の強度設計に必要な「変形および応力解析」の中で、材料力学の知識だけでは解決できない問題を一般的・理論的に取り扱うための方法について学び、理解できるようになることを目的とする。

**学習の到達目標** 応力およびひずみの物理的意味・性質について知り、例えば「2次元応力状態における材料の破損を延性材料と脆性材料の違いを考慮して説明できる」ようになることを目標とする。

**本学教育目標との関連** 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力

**受講要件** 特になし。

**予め履修が望ましい科目** この授業に先立って、「材料力学および演習」

で学ぶ機械および構造物の強度設計に対する考え方を習熟しておく必要がある。

**発展科目** この授業の発展・応用として3年生後期に開講される「計算機援用工学」がある。

## 参考書

弾塑性力学の基礎 (吉田総仁著, 共立出版)

Theory of Elasticity (Timoshenko and Goodier著, McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS)

**成績評価方法と基準** 評価は、課題レポート (20点満点)、定期試験 (80点満点) の総計100点で行い、総計点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 水曜日18:00~19:00に、機械棟4階稲葉教員室にて対応。電子メールによる受け付け可。

**授業改善への工夫** 毎回の授業において、今回の授業の要点についてしっかりと説明し、板書しておく。また、演習問題を多く取り入れ、基本事項 (応力, ひずみ, および弾性体における応力-ひずみ関係) の習熟に努める。なお、この学習目標の達成度は講義中に数回与える課題レポートによって確認し、学生の理解が不足している項目については以後の講義において復習する機会を設ける。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 弾性, 応力, ひずみ, 構成方程式, 組合せ応力

**Keywords** Elasticity, Stress, Strain, Constitutive equation, Combined stress

## 学習内容

第1回 イントロダクション

第2回 応力および応力成分 I (応力の定義)

第3回 応力および応力成分 II (コーシーの関係, せん断応力の対称性)

第4回 ひずみおよびひずみ成分

第5回 バイオメカニクスにおけるひずみ解析の応用

第6回 弾性体の応力-ひずみ関係 I (一般化されたフックの法則)

第7回 弾性体の応力-ひずみ関係 II (体積ひずみ, 弾性定数間の関係)

第8回 二次元応力状態 (平面応力および平面ひずみ)

第9回 一点における応力の表示

第10回 主応力およびモールの応力円

第11回 一点におけるひずみの表示

第12回 ひずみの計測および応力解析の実際

第13回 釣り合い方程式

第14回 適合方程式

第15回 まとめ

第16回 定期試験

**授業の概要** 物体に荷重が加われば、応力が生じる。設計の基礎となる強度計算において、まず第一に行われるのは、この応力を求めることである。応力を求める従来の手法は、材料力学がその中心であった。材料力学は、その対象とする物体が、弾性状態であるか塑性状態であるかなどによって、その基礎を弾性論や塑性論においている。しかし、従来の方法で解が得られるのは、はりや柱の応力、無限板に円孔がある場合の応力分布など、ごく限られた問題に対してだけであり、複雑な形状のものに対しては、形状から応力の生じそうな部分を経験的、実験的に求め、その部分の応力集中度を何とか知るのにとどまっていた。これに応じて現れたのが、有限要素法である。有限要素法は数値解析の一種であり、原理的にはどのような形状のものでも扱えること、3次元解析、弾塑性解析などが容易であることなど、多くの魅力ある特色をもち、工学分野で欠くことのできない手法となっている。本講義では、弾性問題を対象とした有限要素法の基礎を学習するとともに、汎用有限要素ソフトウェアを用いた応力解析実習を通じて、計算機を援用した強度設計について体得することを目的とする。

**学習の目的** 弾性問題を対象とした有限要素法の基礎理論を学ぶとともに、汎用有限要素ソフトウェアを用いた応力解析実習を行うことにより、計算機を援用した強度設計ができるようになることを目的とする。

**学習の到達目標** 弾性問題を対象とした有限要素法の基礎理論を知り、この数値解析法がどのように応力やひずみを解いているのかについて説明できるようになるとともに、教育機関向けに提供された有限要素ソフトウェアを用いて、例えば、円穴や切欠を有する平板の応力およびひずみ分布を算出できるようになることを

到達目標とする。

**本学教育目標との関連** 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 問題発見解決力

**受講要件** 特になし。

**予め履修が望ましい科目** この授業に先立って、「材料力学および演習」および「連続体力学」で学ぶ機械および構造物の強度設計に対する考え方を習熟しておく必要がある。

**発展科目** 特になし。

**参考書** O.C.ツイエンキーヴィッツ著, 吉識・山田 監訳, マトリックス有限要素法, 培風館, 1984.

**成績評価方法と基準** 評価は、有限要素実習課題を含む数回の課題レポートの総計100点で行い、総計点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 水曜日18:00~19:00に、機械棟4階稲葉教員室にて対応。電子メールによる受け付け可。

**授業改善への工夫** 毎回の授業において、今回の授業の要点についてしっかりと説明し、板書しておく。また、有限要素法の解析実習については、TA（ティーチングアシスタント）の協力の下で、マンツーマンのなきめ細やかな指導を行う。この実習を通じて、理論を理解するだけにとどまらず、有限要素法を実践的な学問として体得することを目指す。なお、この学習目標の達成度は、プリプロセッシングからポストプロセッシングまでの一連の強度解析を学生各自が独力で行う実習課題によって確認する。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 弾性, 応力, ひずみ, 構成方程式, 数値解析, 有限要素法

**Keywords** Elasticity, Stress, Strain, Constitutive equation, Numerical analysis, Finite element method

### 学習内容

- 第1回 イントロダクション
- 第2回 ブラックボックスとしての有限要素法
- 第3回 有限要素プログラムの説明
- 第4回 有限要素解析実習Ⅰ（はりの曲げ応力およびたわみ）
- 第5回 有限要素解析実習Ⅱ（円孔を有する板の応力解析）
- 第6回 有限要素解析実習Ⅲ
- 第7回 実験的手法による応力解析結果と数値解析結果の比較

- 第8回 有限要素法の基礎理論Ⅰ（変位関数）
- 第9回 有限要素法の基礎理論Ⅱ（ひずみ-変位マトリクス）
- 第10回 有限要素法の基礎理論Ⅲ（応力-ひずみマトリクス）
- 第11回 有限要素法の基礎理論Ⅳ（仮想仕事の原理と剛性マトリクス）
- 第12回 有限要素法の基礎理論Ⅴ（要素全体の剛性マトリクスとその解法）
- 第13回 計算バイオメカニクス（心機能評価数値シミュレータの開発）
- 第14回 企業における計算機援用工学の応用（非常勤講師による特別講義）
- 第15回 有限要素解析実習Ⅳ

学期 前期 開講時間 火 2,3 単位 2 対象 総合工学科機械工学コース 年次 学部(学士課程): 2年次 選/必 必修 授業の方法 講義  
 授業の特徴 Moodleを活用する授業  
 担当教員 前田 太佳夫(工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 流体力学は力学の一分野であるが、高校で修得した力学の内容に加えて「圧力」の概念が必要となる。そのため、物理量としての圧力およびエネルギーとしての圧力の必要性について理解し易いように配慮して授業を進める。全体的な授業内容としては、工学において流体を取り扱うときの諸問題に含まれる基礎的な流体の性質や理論を平易に解説し、その物理的意味を理解させる。また、演習を行うことにより、実際の流れの問題を取り扱う場合に必要となる個々の理論について理解を深め、応用力を養う。

**学習の目的** 身近な流れについて知り、流れの基礎を理解できるようになることを目的とする。

**学習の到達目標** 流体運動を支配する基礎方程式を理解するとともに、実用公式を取り扱えるようにする。

**本学教育目標との関連** 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 問題発見解決力

**受講要件** とくになし

**予め履修が望ましい科目** 理想流体の取り扱いの際には「工業数学C」で学ぶ微分方程式を用いて流体力学的な解釈を与える。

**発展科目** この授業の発展・応用として「流体力学」, 「流体機械システム工学」, 「輸送現象論Ⅰ」, 「輸送現象論Ⅱ」, 「数値熱流体力学」がある。

**教科書** 流れ工学 (社河内敏彦 他2名著, 養賢堂)。

**参考書** 機械工学便覧α4-流体工学 (日本機械学会編), 機械工学便覧γ2-流体機械 (日本機械学会編), 管路・ダクトの流体抵

抗 (日本機械学会編), 流体の熱物性値集 (日本機械学会編)

## 成績評価方法と基準

全ての演習問題 (教科書章末問題と追加の配布問題) の解答提出を必須とし, 8割以上出席した者に対して単位を与える。評価は, 中間試験 (50点満点), 定期試験 (50点満点) の総計100点で行い, 60点以上を合格とする。なお, 中間試験の日程については, 機械創成棟2階掲示板にて通知するので, 掲示に注意すること。

**オフィスアワー** 毎週火曜日5時限, 工学部機械創成棟4階 前田教員室にて対応。なお, 演習問題に対する質問についてはTAが対応する。

**授業改善への工夫** 「1回の定期試験では試験範囲が広すぎる」という学生諸君の声にこたえて, 中間試験を行うことにより, 各範囲を集中して勉強できるようにした。

## その他

第1回の授業では, 授業の進め方などの重要な話をするので, 必ず出席すること (特段の事情がない限り, 第1回の授業欠席者には以後の受講を認めない)。  
 演習問題を解答するように指名されたときにあらかじめ解いていない者は欠席扱いとなるので注意すること。  
 中間試験, 定期試験時には演習問題等を解いたノートの提出を求めため, 演習問題専用のノートを準備すること (ルーズリーフ等は不可であり, 冊子体のノートに限る)。  
 再履修者は, 本年度新たに問題を解きなおして提出すること。  
 中間試験, 定期試験の点数については, 成績通知書配布前の問い合わせには応じない。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

質量と運動量の保存, エネルギー保存則 (ベルヌーイの定理)  
 流体の性質, 流体静力学, 層流と乱流, 各種流れの抵抗, 相似則, 理想流体の力学

**Keywords** Equation of Continuity, Momentum Theory, Energy Conservation (Bernoulli's Theorem), Fluid Characteristics, Fluid Statics, Laminar Flow and Turbulent Flow, Fluid Drag, Similarity, Potential Flow Dynamics

### 学習内容

- 第1回 流体工学とは。
- 第2回 流体及び流れの基礎的性質 (密度, 比体積, 比重, 圧縮率, 体積弾性係数)
- 第3回 流体及び流れの基礎的性質 (粘性, 表面張力)
- 第4回 流体及び流れの基礎的性質に関する演習
- 第5回 流体静力学 (圧力, 流体中の高さによる圧力の変化, 圧力の釣合い)
- 第6回 流体静力学 (面に作用する圧力と力, 浮力と浮揚体)
- 第7回 流体静力学に関する演習
- 第8回 流れの基礎 (流体の流れ, 層流と乱流, 定常流と非定常流, 連続の式)
- 第9回 流れの基礎 (ベルヌーイの定理と応用, 回転運動, 運動量の

定理と応用)

- 第10回 流れの基礎に関する演習
- 第11回 次元解析による流れの解析と相似則 (次元解析とパイ定理, 力学的な相似則)
- 第12回 次元解析による流れの解析と相似則に関する演習
- 第13回 円管内の流れ (助走区間の流れ, 速度分布, 壁面近傍の流れと境界層)
- 第14回 円管内の流れ (管摩擦による流動損失, 管路系における流動損失)
- 第15回 円管内の流れに関する演習
- 第16回 定期試験  
 「流体力学基礎・工業熱力学演習」の中の「流体力学基礎演習」については, 「流体力学基礎」の講義と合わせて実施する。  
 また, 授業時間の一部を使って中間試験を行う。

### 学習課題 (予習・復習)

- 第1回 資料を配布するとともに, 授業の進め方についても説明するので必ず出席すること。
- 第2回～ 各自でMoodleから講義資料をダウンロードして授業にのぞむこと。  
 演習問題や配布する課題は, 演習の授業時間までに解いておくこと。

学期 前期 開講時間 木 2,3 単位 2 対象 工学部機械工学コース 年次 学部(学士課程): 2年次 選/必 必修 授業の方法 講義, 演習

授業の特徴 その他、能動的要素を加えた授業（ミニツツペーパー、シャトルカードなど）

担当教員 丸山 直樹（工学研究科機械工学専攻）

### 授業の概要

工業熱力学は、機械工学におけるいわゆる4力学の1つとして基礎となる重要な科目であり、伝熱、燃焼、エンジン、タービン、冷凍、空調といった熱工学の基礎となるものである。「工業熱力学」という言葉は、限られたエネルギー資源から得た熱エネルギーを無駄なく有効仕事へ変換するという意味を持っている。

講義は、工業熱力学の社会的背景と講義の意義から始め、熱エネルギーの本質と熱現象を支配する各法則について詳述し、その後、混合気体へと進む。また、講義の理解を深めるため、「流体工学基礎・工業熱力学演習」において多数の演習を行い、応用力が身に付くことを主眼として進める。

**学習の目的** 機械工学専攻生として、熱工学、熱エネルギー変換に関する基盤となる知識を身につけると共に、関連課題を解決できるようにする。

**学習の到達目標** 工業熱力学の基本問題ならびに応用問題に対して、現象をイメージでき、問題解決に至る考え方を修得できるようにすることを目的とする。

**本学教育目標との関連** 主体性、幅広い教養、専門知識・技術、論理的・批判的思考力、問題発見解決力

**受講要件** 特にない。

**予め履修が望ましい科目** 本授業では、微分、積分を多数用いる。物理学に加えて数学科目を修得しておくことが望ましい。

**発展科目** エネルギー変換工学Ⅰ・Ⅱ、機械設計製図Ⅱ（ディーゼルエンジンの設計）など。

### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 熱力学第1法則、熱力学第2法則、状態方程式、カルノーサイクル、エンタルピー、エントロピー、混合気体

**Keywords** The first law of thermodynamics, The second law of thermodynamics, Ideal gas, Equation of state, Carnot cycle, Entropy, Mixture gas

### 学習内容

本授業と「流体工学基礎・工業熱力学演習」を併せて開講する。授業の初回に授業内容の詳細とスケジュールについて説明するが、概要は以下の通り。10回の講義と、講義に基づく5回の演習と中間試験から構成され、計15回行う。

第1回 講義の意義。エネルギーとその形態

第2回 熱エネルギーのミクロシステム1

第3回 熱エネルギーのミクロシステム2

第4回 エネルギーのマクロシステム、熱力学第1法則（閉じた系）

第5回 熱力学第1法則（閉じた系）

### 教科書

・「熱エネルギーシステム（第2版）」（加藤編著、共立出版）

・演習は自作プリント配布

**参考書** ・「工業熱力学 基礎編」（「工業熱力学 応用編」（谷下市松著、裳華房）など、関連書籍は多数ある。

**成績評価方法と基準** 出席は必要条件であり、8割以上出席した人を単位認定の対象とする。評価は、中間試験、定期試験および連携して開講される「流体工学基礎・工業熱力学演習」の演習点の合計100点で行う。合格点を60点とし、合計点数/10を四捨五入して最終成績とする。最終成績6以上を合格とする。本授業の評価は、「流体工学基礎・工業熱力学演習」の工業熱力学演習の評価にも該当する。

**オフィスアワー** 授業終了後に講義室ならびに機械創成棟3階丸山教員室（2311室）にて対応。電子メールによる受け付けは随時可。

### 授業改善への工夫

図を多用し、言葉に加えて状況をイメージできるように努めている。工業熱力学では、問題解決の際にいくつかの基礎式を用いる。問題解決に至る考え方を重視して授業を進めている。

講義では、前回の復習と当日の予習から始め、授業の後半で例題を解くことにより、講義内容とその適用方法について理解できるようにしている。

**その他** 演習には、事前に十分な学習が必要となる。講義の初回に、授業の進め方と受講に際しての注意点を説明する。

第6回	演習1
第7回	エネルギーのマクロシステム、熱力学第1法則（開いた系）
第8回	演習2
第9回	中間試験と解説
第10回	エネルギーのマクロシステム、理想気体の性質とプロセス
第11回	演習3
第12回	熱エネルギーの有効利用、熱力学第2法則、カルノーサイクル、エントロピー
第13回	演習4
第14回	混合気体と湿り空気
第15回	演習5
第16回	定期試験

**学習課題（予習・復習）** 講義の後に試験形式の演習を取り入れ、中間試験も設けている。これらへの十分な学習を要する。

# 流体力学基礎・工業熱力学演習

Exercises on Fluid Mechanics and Engineering Thermodynamics

学期 前期 開講時間 火 4; 木 4 単位 1 対象 総合工学科機械工学コース 年次 学部(学士課程): 2年次 選択 必修 授業の方法 演習

授業の特徴 Moodleを活用する授業

担当教員 流体力学基礎演習: 前田 太佳夫(工学研究科機械工学専攻)

工業熱力学演習: 丸山 直樹(工学研究科機械工学専攻)

## 授業の概要

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

## 学習の目的

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

## 学習の到達目標

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

**本学教育目標との関連** 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 問題発見解決力

## 受講要件

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

## 予め履修が望ましい科目

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

## 発展科目

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

### Keywords

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

### 教科書

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

### 参考書

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

**成績評価方法と基準** 流体力学基礎演習の評価 (50点満点) が30点以上, かつ, 工業熱力学演習の評価 (50点満点) が30点以上を合格とし, これらの合計を評価点とする。

### オフィスアワー

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

### 授業改善への工夫

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

### その他

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

### 学習内容

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

### 学習課題 (予習・復習)

流体力学基礎演習に関しては「流体力学基礎」のシラバスを参照。  
工業熱力学演習に関しては「工業熱力学」のシラバスを参照。

# エネルギー変換工学Ⅰ及び演習

Energy Conversion Engineering I and Exercises

学期 前期 開講時間 木 2, 3, 4 単位 2.5 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選択 選修 授業の方法 講義, 演習  
担当教員 廣田真史 (工学研究科機械工学専攻)

## 授業の概要

私達の高水準な生活は電力やガスなどの供給によって支えられている。これら二次エネルギー源のほとんどが化石燃料であり、日本では全てを海外に依存している。その上、化石燃料の燃焼により一旦熱エネルギーへ変換してから機械的な動力へ再度変換しているため、その最終的な変換効率が高々40%に過ぎず、60%以上の熱が大気や海水中に放出され、また排気ガスは環境悪化の要因になっている。

本講義では、まず世界と日本のエネルギー需要と供給の現状について解説する。次に、熱エネルギーを作り出す燃料と燃焼の原理について理解する。「熱エネルギーを有効仕事に変換する科学的手法」がエネルギー変換工学の本質であるため、私達が現在恩恵をこうむっている実際のエネルギー変換機器、例えばガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、ガスタービン、スターリングエンジンなどの動作原理と熱サイクルに帰着される論理性、実機における問題点などを会得する。これらの学習を経て、熱エネルギーの有効仕事への変換方法を理解することが最終的な目標である。

**学習の目的** この授業では、主に内燃機関に関する熱力学的理論を通して熱エネルギーから機械的エネルギーへの変換における原理と高効率化の手法およびその限界について理解することができ、また環境への配慮に関して実際の知識を得ることが出来る。さらに、近年開発が進んでいる燃料電池などの新たなエネルギー変換方法の原理についても理解することが出来る。

**学習の到達目標** 本講義で到達できる学修レベルは、例えばFE試験のEnergy, Work and Power Energyの熱関連事項, Thermodynamic Properties of SubstancesとChanges in Thermodynamic Propertiesの後半部分, PsychrometricsとCombustion Power Cycleのすべて、及びOrganic Chemistry and Combustionの後半部分の問題が解けるレベルである。なお、Vapor Power Cycles, Refrigeration

Cyclesに関する事項は「エネルギー変換Ⅱ」で取り扱う。

**本学教育目標との関連** 共感, 専門知識・技術, 表現力(発表・討論・対話), 社会人としての態度・倫理観

**受講要件** 本講義の基礎として、「工業熱力学及び演習」があり、これを修得していることを前提とする。本講義「エネルギー変換工学Ⅰ及び演習」と「エネルギー変換工学Ⅱ」とは一体のものであるから、両科目とも修得することが望ましい。

**予め履修が望ましい科目** 「工業熱力学及び演習」(2年後期・必修)

**発展科目** 「エネルギー変換工学Ⅱ」(3年後期・選択)

## 教科書

- ・加藤征三, 義家亮, 丸山直樹, 松田淳, 吉田尚史, 廣田真史著「熱エネルギーシステム 第2版」(共立出版)を「工業熱力学及び演習」に引き続いて使用する。
- ・補助的にプリントを配布する。

**成績評価方法と基準** 出席は必要条件であり、3回以上の欠席(病欠など止むをえない場合は除く)者には単位を与えない。評価は、定期試験を8割、レポートを2割とし、6割以上を合格として単位を与える。

## オフィスアワー

講義終了後など、質問には随時答える。

場所: 機械工学棟 3階 エネルギーシステム設計研究室

**授業改善への工夫** 理論のみではなく、具体的で最新の事例についてもプリント等を用いながら解説する。また、演習については例題を用いて具体的な問題の解法を詳しく説明する。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 熱エネルギー, エネルギー変換, 燃料と燃焼, 熱力学, 熱機関, 熱サイクル, カルノーサイクル, オットーサイクル, ガソリンエンジン, ディーゼルサイクル, ディーゼルエンジン, プレイトンサイクル, ガスタービン, スターリングサイクル, スターリングエンジン, 燃料電池

**Keywords** Thermal energy, Energy conversion, Fuel and combustion, Thermodynamics, Thermal engine, Carnot cycle, Gasoline engine, Diesel engine, Gas turbine, Starling engine, Fuel cell

## 学習内容

- 第1回 授業の概要と受講に際しての注意
- 第2回 エネルギー変換の相互関係, 世界と日本のエネルギー需要動向
- 第3回 燃料, 燃焼現象
- 第4回 燃焼計算, 環境にやさしい燃焼, 例題
- 第5回 理想気体の熱力学, 例題
- 第6回 熱サイクル, カルノーサイクル

- 第7回 内燃機関と外燃機関, ガソリンエンジン, オットーサイクル, 例題
- 第8回 排気ガス処理, ノッキング対策
- 第9回 中間試験, 解説
- 第10回 ディーゼルエンジン, ディーゼルサイクル, 例題
- 第11回 ディーゼルノック, 排気ガス処理, サバテサイクル
- 第12回 ガスタービン, プレイトンサイクル, 例題
- 第13回 ガスタービンの詳細, 航空機用エンジン
- 第14回 中間冷却, エリクソンサイクル, スターリングサイクル
- 第15回 スターリングエンジン, 燃料電池の原理と課題
- 第16回 定期試験

**学習課題(予習・復習)** 授業内容に関連した例題を解説し、演習を行う。また、エネルギー変換における諸問題に関連した調査型の課題についても考えさせる。工業熱力学で学んだ内容を授業前によく復習しておくこと。また、とくに例題を中心にして復習を十分に行い授業で得た知識を定着させるとともに、エネルギーに関するニュースなどにも関心を向けてほしい。



### 授業の概要

私達の高水準な生活は電力やガスなどの供給によって支えられている。これら二次エネルギー源のほとんどが化石燃料であり、日本では全てを海外に依存している。その上、化石燃料の燃焼により一旦熱エネルギーへ変換してから機械的な動力へ再度変換しているため、その最終的な変換効率が高々40%に過ぎず、60%以上の熱が大气や海水中に放出され、また排気ガスは環境悪化の要因になっている。

本講義では、まず世界と日本のエネルギー需要と供給の現状について解説する。次に、熱エネルギーを作り出す燃料と燃焼の原理について理解する。「熱エネルギーを有効仕事に変換する科学的手法」がエネルギー変換工学の本質であるため、私達が現在恩恵をこうむっている実際のエネルギー変換機器、例えばガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、ガスタービンなどの動作原理と熱サイクルに帰着される論理性、実機における問題点などを会得する。これらの学習を経て、熱エネルギーの有効仕事への変換方法を理解することが最終的な目標である。

**学習の目的** この授業では、主に内燃機関に関する熱力学的理論を通して熱エネルギーから機械的エネルギーへの変換における原理と高効率化の手法およびその限界について理解することができ、また環境への配慮に関して実際の知識を得ることが出来る。さらに、近年開発が進んでいる燃料電池などの新たなエネルギー変換方法の原理についても理解することが出来る。

**学習の到達目標** 本講義で到達できる学修レベルは、例えばFE試験のEnergy, Work and Power Energyの熱関連事項, Thermodynamic Properties of SubstancesとChanges in Thermodynamic Propertiesの後半部分, PsychrometricsとCombustion Power Cycleのすべて、及びOrganic Chemistry and Combustionの後半部分の問

### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 熱エネルギー, エネルギー変換, 燃料と燃焼, 熱力学, 熱機関, 熱サイクル, カルノーサイクル, オットーサイクル, ガソリンエンジン, ディーゼルサイクル, ディーゼルエンジン, ブレイトンサイクル, ガスタービン, スターリングサイクル, スターリングエンジン, 燃料電池

**Keywords** Thermal energy, Energy conversion, Fuel and combustion, Thermodynamics, Thermal engine, Carnot cycle, Gasoline engine, Diesel engine, Gas turbine, Starling engine, Fuel cell

### 学習内容

- 第1回 授業の概要と受講に際しての注意
- 第2回 エネルギー変換の相互関係, 世界と日本のエネルギー需要動向
- 第3回 燃料, 燃焼現象
- 第4回 燃焼計算, 環境にやさしい燃焼
- 第5回 理想気体の熱力学
- 第6回 熱サイクル, カルノーサイクル
- 第7回 内燃機関と外燃機関, ガソリンエンジン, オットーサイク

ル  
 第8回 排気ガス処理, ノッキング対策, オットーサイクル例題  
 第9回 中間試験, 解説  
 第10回 ディーゼルエンジン, ディーゼルサイクル  
 第11回 ディーゼルロック, 排気ガス処理, ディーゼルサイクル例題  
 第12回 ガスタービン, ブレイトンサイクル, 例題  
 第13回 ガスタービンの詳細, 航空機用エンジン  
 第14回 中間冷却, エリクソンサイクル, スターリングサイクル  
 第15回 スターリングエンジン, 燃料電池の原理と課題  
 第16回 定期試験

題が解けるレベルである。なお、Vapor Power Cycles, Refrigeration Cyclesに関する事項は「エネルギー変換II」で取り扱う。

**本学教育目標との関連** 共感, 専門知識・技術, 表現力(発表・討論・対話), 社会人としての態度・倫理観

**受講要件** 本講義の基礎として、「工業熱力学及び演習」があり、これを修得していることを前提とする。本講義「エネルギー変換工学I」と「エネルギー変換工学II」とは一体のものであるから、両科目とも修得することが望ましい。

**予め履修が望ましい科目** 「工業熱力学及び演習」

**発展科目** 「エネルギー変換工学II」(3年前期・選択)

### 教科書

- ・加藤征三, 義家亮, 丸山直樹, 松田淳, 吉田尚史, 廣田真史著「熱エネルギーシステム 第2版」(共立出版)を「工業熱力学及び演習」に引き続いて使用する。
- ・補助的にプリントを配布する。

**成績評価方法と基準** 出席は必要条件であり、3回以上の欠席(病欠など止むをえない場合は除く)者には単位を与えない。評価は、定期試験を8割, レポートを2割とし、6割以上を合格として単位を与える。

### オフィスアワー

講義終了後など、質問には随時答える。  
 場所: 機械工学棟 3階 エネルギーシステム設計研究室

**授業改善への工夫** 理論のみではなく、具体的に最新の事例についてもプリント等を用いながら解説する。また、演習については例題を用いて具体的な問題の解法を詳しく説明する。

**学習課題(予習・復習)** 授業内容に関連した例題を解説し、演習を行う。また、エネルギー変換における諸問題に関連した調査型の課題についても考えさせる。工業熱力学で学んだ内容を授業前によく復習しておくこと。また、とくに例題を中心にして復習を十分に行い授業で得た知識を定着させるとともに、エネルギーに関するニュースなどにも関心を向けてほしい。

# エネルギー変換工学 II

Energy Conversion Engineering II

学期 後期 開講時間 金 5, 6 単位 2 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選択/必修 選択 授業の方法 講義 授業の特徴 地域理解・地域交流の要素を加えた授業, キャリア教育の要素を加えた授業  
担当教員 廣田真史 (工学研究科機械工学専攻), 米山圭一 (機械工学科非常勤講師)

**授業の概要** 本科目は「エネルギー変換工学 I 及び演習」(3年前期)に引き続くもので、ここでは、とくに動作流体が相変化(液体から気体あるいはその逆)を伴う場合を取り上げる。具体的な応用としては、火力発電所や原子力発電所の主要な動力源などである水蒸気を用いた機関、空調や冷凍に供するヒートポンプであり、これらのエネルギー機器の熱効率計算が可能なレベルまで応用力を身に付けることを目指す。このための熱力学的な原理を十分理解することが前提であり、基礎学力の修得に力を入れる。さらに地球環境保全やエネルギーセキュリティに対する考え方や手法も極めて重要なことから、企業エンジニアを非常勤講師として迎え、実際の発電プラントシステムや国際的なエネルギー事情についても解説いただく。発電プラントの見学も実施する。

**学習の目的** この授業では蒸気の熱力学について知識を獲得し、その重要な応用である蒸気原動機の原理と高効率化手法、および実際の発電所における諸問題について最新の知識を得ることが出来る。また、エンジンとは逆サイクルであるヒートポンプのサイクルについて学び、その動作原理を理解するとともにヒートポンプの省エネ性についても理解することが出来る。さらに、これらの機器の具体的な効率計算も実施できるようになる。

**学習の到達目標** 本講義で到達できる学修レベルは、例えばFE試験の GAS DTNAMICS, VAPOR POWER CYCLES REFRIGERATION 分野における問題の大部分が解けることに置いている。

**本学教育目標との関連** 共感, 専門知識・技術, 表現力(発表・討論・対話), 社会人としての態度・倫理観

**受講要件** 「工業熱力学及び演習」(2年後期・必修) → 「エネ

ルギー変換工学 I 及び演習」(3年前期・選択) → 「エネルギー変換工学 II」(3年後期・選択)とステップアップするものであるから、これらを順次受講することを前提としている。

**予め履修が望ましい科目** 「工業熱力学及び演習」(2年後期・必修)「エネルギー変換工学 I 及び演習」(3年前期・選択)

## 教科書

- ・加藤征三, 義家亮, 丸山直樹, 松田淳, 吉田尚史, 廣田真史著「熱エネルギーシステム 第2版」(共立出版)を「工業熱力学及び演習」に引き続いて使用する。
- ・補助的にプリント配布する。

## 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、3回以上の欠席(病欠など止むをえない場合は除く)者には単位を与えない。とくに、講義の一環として発電所等の見学も実施する。これに参加しないと単位は認められない。

評価は、定期試験を8割、レポートを2割とし、6割以上を合格として単位を与える。

## オフィスアワー

講義終了後など質問などには随時対応する。  
工学部機械棟3階廣田教授室

**授業改善への工夫** 具体的な事例を示したプリントを適宜配布し、理論のみではなく実際の状況が把握できるように努める。講義内容をより深く理解するために企業の現役のエンジニアによる講義と発電プラントの現地見学も取り入れる。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 蒸気の性質, 発電プラント, ランキンサイクル, 火力発電, 原子力発電, 地球環境保全技術, 逆カルノーサイクル, 蒸気圧縮サイクル, ヒートポンプ

**Keywords** Characteristics of vapor, External combustion engine, Power plant, Rankine cycle, Thermal power generation, Nuclear power generation, Environmental protection technology, Reverse Carnot cycle, Vapor compression cycle, Heat pump

## 学習内容

- 第1回 本講義の目的と意義, 世界と日本のエネルギー需要動向
- 第2回 開いた系における熱力学の法則
- 第3回 冷媒の性質
- 第4回 モリエル線図, 蒸気圧縮式ヒートポンプサイクル
- 第5回 蒸気圧縮式サイクルの演習
- 第6回 蒸気圧縮式ヒートポンプの構成要素
- 第7回 CO<sub>2</sub>ヒートポンプ, 吸収式ヒートポンプ
- 第8回 水蒸気の性質, 蒸気表

第9回 蒸気原動所, ランキンサイクル

第10回 演習

第11回 再熱サイクル, 再生サイクル, コンバインド・サイクル

第12回 発電プラントの現地見学

第13回 発電プラントの現地見学

第14回 火力発電所の最新技術動向と環境保全技術

第15回 原子力発電技術の現状と将来, 発電技術と交流の理論

第16回 定期試験

## 学習課題(予習・復習)

エネルギー変換工学 I 及び演習と密接に関係しているので、受講前に同科目の内容について復習しておくこと。また、工業熱力学で学んだ内容に基づいた授業であるため、その内容も事前に復習しておく必要がある。

蒸気原動所のサイクルと蒸気圧縮式ヒートポンプサイクルに関して演習を行う予定であり、授業後に十分復習しておいてほしい。

また、発電所見学は単位取得に必須でありレポートの提出を求める。

学期 後期 開講時間 火3,4 単位 2 対象 総合工学科機械工学コース 年次 学部(学士課程): 2年次 選/必 選択 授業の方法 講義

授業の特徴 Moodleを活用する授業

担当教員 前田 太佳夫(工学研究科機械工学専攻), 鎌田 泰成(工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 自然界や実用の流路に多く見られる開きよの流れについて理解する。また、流体力学の基礎として、数学を多用した理想流体の力学を修得する。これらの基礎的な内容の修得後に、実際の複雑な流れや流れの測定について理解する。

**学習の目的** 流体力学の基礎として、数学を用いた理想流体の基礎方程式を理解する。

**学習の到達目標** 速度ポテンシャルと流れ関数を使って簡単な流れ場を表現する。流れの計測が行えるようになる。

**本学教育目標との関連** 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 問題発見解決力

**受講要件** とくになし

**予め履修が望ましい科目** この授業の基礎として「流体工学基礎」, 「流体工学基礎・工業熱力学演習」がある。また、理想流体の取り扱いの際には「工業数学A」, 「工業数学B」のベクトル解析や複素関数論を用い, 「工業数学C」で学ぶ常微分方程式, 偏微分方程式等に関しては流体力学的な解釈を与える。

**発展科目** この講義に関連する科目として「流体機械システム工学」, 「輸送現象論Ⅰ」, 「輸送現象論Ⅱ」, 「数値熱流体力学」がある。

**教科書** 流れ工学(社河内敏彦他2名, 養賢堂), 流体力学-基

礎と応用- (社河内敏彦他2名, 養賢堂)

**参考書** 機械工学便覧α4-流体工学(日本機械学会編), 機械工学便覧γ2-流体機械(日本機械学会編), 流体計測法(日本機械学会編), 流体の熱物性値集(日本機械学会編)

**成績評価方法と基準**

8割以上出席した者に対して単位を与える。

評価は, 中間試験(50点), 定期試験(50点)の総計100点で行い, 60点以上を合格とする。

なお, 中間試験の日程については, 機械創成棟2階掲示板にて通知するので, 掲示に注意すること。

**オフィスアワー** 毎週火曜日5時限, 機械創成棟4階前田教員室・鎌田教員室にて対応。

**授業改善への工夫** 「1回の定期試験では試験範囲が広すぎる」という学生諸君の声に応じて, 中間試験を行うことにより, 各範囲を集中して勉強できるようにした。

**その他**

第1回の授業では, 授業の進め方などの重要な話をするので, 必ず出席すること(特段の事情がない限り, 第1回の授業欠席者には以後の受講を認めない)。

中間試験, 定期試験の点数については, 成績通知書配布前の問い合わせには応じない。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

質量と運動量の保存, エネルギー保存則(ベルヌーイの定理) 理想流体の力学, 流れの測定, 翼と翼列, 流体機械, 開きよの流れ

**Keywords** Equation of Continuity, Momentum Theory, Energy Conservation (Bernoulli's Theorem), Potential Flow, Flow Measurement, Airfoil and Cascade, Fluid Machinery, Open Channel

### 学習内容

- 第1回 開きよの流れ
- 第2回 理想流体の力学 (基礎方程式の導出)
- 第3回 理想流体の力学 (理想流体を支配する方程式)
- 第4回 理想流体の力学 (速度ポテンシャル)
- 第5回 理想流体の力学 (循環および循環定理)
- 第6回 理想流体の力学 (流れ関数)
- 第7回 理想流体の力学 (複素ポテンシャル)
- 第8回 理想流体の力学 (等角写像とその応用)

- 第9回 流れの測定
  - 第10回 流れの測定
  - 第11回 粘性流体の力学 (速度分布, 境界層)
  - 第12回 粘性流体の力学 (速度分布, 境界層)
  - 第13回 粘性流体の力学 (噴流と後流, 物体の抗力と揚力)
  - 第14回 粘性流体の力学 (速度分布, 境界層, 噴流と後流)
  - 第15回 粘性流体の力学 (物体の抗力と揚力)
  - 第16回 定期試験
- 授業時間の一部を使って中間試験を行う。

### 学習課題(予習・復習)

- 第1回 資料を配布するとともに, 授業の進め方についても説明するので必ず出席すること。
  - 第2回~ 各自でMoodleから講義資料をダウンロードして授業にのぞむこと。
- 各講義後には, 授業の記憶が新しいうちに章末の演習問題や配布する課題を解いておくこと。

# 流体機械システム工学

Fluid Machinery System Engineering

学期 前期 開講時間 月 8, 9, 10 単位 2 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選択 授業の方法 講義  
担当教員 鎌田 泰成(工学研究科機械工学専攻), 山口 一, 小笠原 宏 (各 機械工学科非常勤講師)

**授業の概要** 流体を取り扱う機械, 流体力を利用する機械や運動に関する基礎理論及び応用について講義する。本講義においては, とくに数学に基づく流体力学の基礎から, 実際の複雑な流れまでを取り扱い分かり易く講述する。また, 流体機械及び流体现象の具体的な例として, プロペラ推進, ロケット推進について, 著名な先生方を招いて講義していただき, 実際の流体機械の役割について理解を深める。

**学習の目的** 種々の流体機械の仕組みを理解し, 流体力学の基礎的な知識を流体機械の設計においてどのように活用するのかを理解できるようにする。流体機械の設計における基本的な概念を取得する。

**学習の到達目標** 本講義で到達できるレベルは, 例えばFE試験のFLUID MECHANICS分野におけるFluid Dynamics, Hydraulic Machines, Open Channel Flowの問題が解けるレベルがあげられる。

**受講要件** とくになし

**予め履修が望ましい科目** この授業の基礎として「流体力学及び演習」がある。また, 理想流体の取り扱いの際には「工業数学Ⅰ及び演習」のストークスの定理や「工業数学Ⅱ及び演習」の複素数を用い, 「工業数学Ⅲ」で学ぶ常微分方程式, 偏微分方程式等に関しては流体力学的な解釈を与える。

**発展科目** この講義に関連する科目として「輸送現象論及び演習」, 「環境流動学」がある。

**教科書** 流れ工学(社河内敏彦他3名, 養賢堂), 流体力学—基礎と応用—(社河内敏彦他3名, 養賢堂), DRILL for Mechanical Engineering Volume 2(三重大学工学部機械工学科編, 三重大学出版会)。

**参考書** 流体力学(古屋善正他2名著, 朝倉書店), 流体力学(伊藤英寛他1名著, 丸善)

## 成績評価方法と基準

7割以上出席した者に対して単位を与える。  
評価は, 宿題レポートを全て提出することを条件とし, 100点満点で定期試験を行い, 60点以上を合格とする。

## オフィスアワー

毎週火曜日5時限, 場所機械工学科棟4階鎌田教員室にて対応。  
電子メールによる受け付け可

**授業改善への工夫** スライドを用いて, 視覚的に様々な流れを把握してから, 理論的な話題に入ることにより, 理解を容易にした。

**その他** 特別講義の日時は, 後日, 機械工学科棟2階の掲示板に掲示するので注意しておくこと。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

質量と運動量の保存, エネルギー保存則(ベルヌーイの定理) 翼, 流体機械, 各種流れの抵抗, 相似則, 船舶海洋機器システム, 航空宇宙推進システム, ロケット

**Keywords** Conservation of mass and momentum, Conservation of energy(Bernoulli's theorem), Wing, Fluid machinery, Fluid drag, Law of similarity, Ship equipment, Aircraft, Spacecraft propulsion system, •Rocket

### 学習内容

- 第1回 流体機械の種類
- 第2回 容積型機械
- 第3回 ターボ機械(羽根車の作用)
- 第4回 ターボ機械(羽根車を通過する流れ)
- 第5回 油圧機械

- 第6回 水車
- 第7回 風車の分類および抗力型風車
- 第8回 揚力型風車
- 第9回 航空機周囲の流れ
- 第10回 航空機の安定
- 第11回 車両周囲の流れ
- 第12, 13回 プロペラ推進について(東京大学 山口一教授) 6時限
- 第14, 15回 ロケット推進について(三菱重工業 小笠原宏先生) 6時限
- 第16回 定期試験

### 学習課題(予習・復習)

- 第12, 13回 レポート
- 第14, 15回 レポート

# 輸送現象論I及び演習

Transport Phenomena I and Exercises

学期 前期 開講時間 月2, 3, 4 単位 2.5 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 必修 授業の方法 講義, 演習

授業の特徴 教員と学生のやり取りは日本語でも、英語による論文や教材の講読を含んだ授業

担当教員 辻本公一 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 流体の運動量輸送現象、熱の輸送現象（熱伝導、対流熱伝達、熱放射）について、各輸送現象について理解し、適宜、例題、演習問題を交えて講義する。

**学習の目的** 熱の輸送現象（熱伝導、対流熱伝達、熱放射）について、各現象を理解し、工学的にこれら現象を定量的に予測、工学機器の設計に結び付ける力を身に付ける。

**学習の到達目標** 本講義により、（指定する）教科書の巻末問題が解けるレベルに到達する。

**本学教育目標との関連** 感性, 主体性, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 表現力(発表・討論・対話), 問題発見解決力

**受講要件** 授業では輸送現象を扱うことから、関連する流体工学、流体力学で学習した内容が修得されていることが必須である。

**予め履修が望ましい科目** 本科目は機械系専門教育科目のうちエネルギーと流れに関する基幹科目の中に設定されている。「流体工学基礎及び演習」が学術的な基盤となっている。したがって特に履修する際の前提条件としてこれら科目の履修, 単位取得している

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 伝熱、輸送現象、熱伝導、対流伝熱、ふく射

**Keywords** Heat transfer, Transport phenomena, Heat conduction, Convective heat transfer, Radiation

### 学習内容

第1-3回 伝熱の3形態について

第4-5回 定常伝導伝熱について

第6-7回 非定常熱伝導について

第8-9回 対流熱伝達について

第9-10回 管内流、物体周りの層流強制対流

ることがきわめて望ましい。

**発展科目** 環境流動学、エネルギー変換工学Ⅰ及び演習、エネルギー変換工学Ⅱ、輸送現象Ⅱなどを履修するのが望ましい。

### 教科書

(JSMEテキストシリーズ)

伝熱工学、日本機械学会、丸善

### 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、8割以上出席した者に対して単位を与える。

評価は、演習、試験の総計100点で行うが、総計点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 毎週月曜12:00-13:00 第一合同棟辻本教員室

**授業改善への工夫** 授業の中で、適宜、30分程度の時間をもって簡単な問題を各自で解答させる（演習、小テスト）。これにより、学生を授業に参加させ理解度を深める。なお、演習問題には英語によるものもある。

第10-11回 管内流、物体周りの乱流強制対流

第11-12回 自然対流

第12-13回 ふく射伝熱の基礎

第13-14回 ふく射交換の基礎

第14-15回 熱交換器の基礎

注) 不定期に30分程度の演習を行なう。

### 学習課題（予習・復習）

授業前には、指定する教科書の内容について読んでおくこと。

授業後には、指定する教科書の演習問題について解くこと。

# 輸送現象論II

Transport Phenomena II

学期 後期 開講時間 月3,4 単位 2 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義  
担当教員 辻本公一 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 非ニュートン流、混相流などの複雑な流れについての基礎を学ぶ。

**学習の目的** 環境、エネルギー問題について考える場合、関係する様々な流動現象を予測、制御することが求められる。本科目では実用上の関心の高い非ニュートン流体や混相流動現象の基礎から、以下の講義内容に示す多様な流動現象問題について学ぶ。

**学習の到達目標** 実用のさまざまな流れ現象に対する解析技術、現象のモデリング化のための基礎となる考え方を身に付ける。

**本学教育目標との関連** 主体性、専門知識・技術

**受講要件** 輸送現象論Iおよび演習

**予め履修が望ましい科目** 本科目は機械系専門教育科目のうちエネルギーと流れに関する基幹科目の中に設定されている。直接的には「輸送現象論及び演習」の後継として位置付けられているが「流体力学及び演習」が学術的な基盤となっている。したがって特に履修する際の前提条件としてこれら科目の履修、単位取得していることがきわめて望ましい。

**発展科目** 特になし。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 混相流、非ニュートン流、圧縮性流れ、乱流

**Keywords** Non-Newtonian fluids, Multiphase flow, Gas-liquid flow, Gas-solid flow, Compressible flow

### 学習内容

- 第 1 回 非ニュートン流体の流動I
- 第 2 回 非ニュートン流体の流動II
- 第 3 回 非ニュートン流体の流動III
- 第 4 回 気液二相流の流動I
- 第 5 回 気液二相流の流動II
- 第 6 回 気液二相流の流動III
- 第 7 回 固気二相流の流動I
- 第 8 回 固気二相流の流動II

### 教科書

流体力学 基礎と応用  
社河内敏彦, 辻本公一, 前田太佳夫共著  
出版情報: 東京: 養賢堂, 2008.7

**参考書** なし

### 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、8割以上出席した者に対して単位を与える。評価は、宿題レポート、試験の総計100点で行うが、受講者の人数も含めた受講状況を判断しながらその配分は決定する。総計点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 毎週月曜12:00-13:00 第一合同棟辻本教員室

### 授業改善への工夫

レポート提出を通して受講生の理解状況を判断しながら弾力的に講義スケジュールの調整を行う。  
また、授業の進展に対応したレポート課題の提示を行う。

- 第 9 回 固気二相流の流動III
- 第 1 0 回 固液二相流の流動I
- 第 1 1 回 固液二相流の流動II
- 第 1 2 回 圧縮性流れの基礎I
- 第 1 3 回 圧縮性流れの基礎II
- 第 1 4 回 乱流現象の基礎I
- 第 1 5 回 乱流現象の基礎II
- 第 1 6 回 定期試験

### 学習課題（予習・復習）

授業前に関連する書籍、HPを通して授業のキーワードについて調べる。  
授業後、授業中に提示する例題について再度解くことを試みること。

# 環境流動学

Environmental Fluid Mechanics

学期 後期 開講時間 金 3, 4 単位 2 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義 授業の特徴 地域理解・地域交流の要素を加えた授業  
担当教員 安藤俊剛 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 環境・エネルギー問題(地元三重にも存在する)を考えるあたって関連する流動現象を予測・説明するのに必要な, 流体・熱・物質の輸送現象を支配する基礎方程式の説明する. またこれらの応用に関連する流動現象問題の例題を通して説明する.

**学習の目的** 流体, 熱, 物質の輸送現象のうちのいくつかの基礎的な例題を通じて, これら現象の解析的な取扱いの基礎となる考え方を身につける.

**学習の到達目標** 本科目では以下の講義内容に示すいくつかの流動現象をその基礎方程式の導出・応用を通して取扱い, そのそれぞれの流動現象が比較的統一された考え方で取り扱うことが可能であることを理解する.

**本学教育目標との関連** 主体性, 専門知識・技術

**予め履修が望ましい科目** 「輸送現象論及び演習」, 「流体力学及び演習」の履修・単位取得していることが望ましい.

**発展科目** 特になし.

**教科書** なし

**参考書** JSMEテキストシリーズ 伝熱工学, 日本機械学会, 2005

**成績評価方法と基準**

出席は必要条件である.

成績評価は, 小レポート(20点) 期末試験(80点) の総計100点で行う. 最終成績60以上を合格とする.

**授業改善への工夫** 各種輸送現象のそれぞれには共通したものの考え方があり, 授業の進行上過去に学習した内容と共通する部分が現れたらその都度復習・反復する. また, 講義内容に対応したレポート課題の出題する.

**その他** なし

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 質量と運動量の保存, 熱移動, 物質伝達, 相似則

**Keywords** Conservation of mass and momentum, Heat Transfer, Mass Transfer, Similarity law

### 学習内容

第1—3回 流れの基礎  
第4—8回 基礎方程式の導出

第9—13回 物質拡散・熱流動現象

第14—15回 乱流

第16回 定期試験

### 学習課題(予習・復習)

ノートのみて復習することが望ましい.

講義時間中に小さな問題を出題し, ノートの参照を認めた上で解答させる演習を行う.

# 数値熱流体力学

学期 後期 開講時間 木 3, 4 単位 2 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義 授業の特徴 地域理解・地域交流の要素を加えた授業  
担当教員 辻本公一 (工学研究科機械工学専攻)

## 授業の概要

熱流体のシミュレーションを行うため、必要となるコンピュータ言語のFORTRANならびに基本的な数値解析技術を学ぶ。また、地域におけるものづくりの基盤となる、シミュレーション技術の最新の動向についてその概要を学ぶ。

## 学習の目的

多くの設計の現場において、実験とシミュレーションの両者を併用した評価が必要不可欠となっている。最近では熱流体現象のための市販の汎用ソフトが利用される機会も多くなっているが、流動現象を正確に表現できるモデルが完成されていないことや、また補足的ではあるがユーザ自身の計算に対する不慣れさなどの因子により、満足できる予測精度を持った結果を必ずしも得られないのが実情である。汎用ソフトでは工学的な機器内に関連する複雑なすべての流動現象を取り扱うことが出来るとは限らず、また熱流体現象を支配方程式を忠実に解くことよりも、むしろそれぞれ対象とする場に応じた支配方程式の簡略化とそれに付随する現象のモデル化により計算を行った方が結果的に精度よい予測結果を生む場合も多い。したがって汎用コードに頼らず熱流体現象をシミュレーションするための基本的な手続きを学ぶことは、将来的に利用するであろう多くのアプリケーションへの先鞭をつけると同時に、汎用ソフトの適用範囲を超えた工学的問題に直面した場合の有効な問題解決手段を身につけることとなるであろう。熱流体現象を数値的にシミュレーションすることは換言すれば、支配方程式を数値的に解くこと、すなわち偏微分を方程式を解くことが基本となるが、数学で学ぶような連続的な解析関数として取り扱かわず、有限な離散情報の代数関係を導き、それに関する代数方程式を解くこと、さらに言えば安定して解くことの技術が必要とされる。

本講義では、科学技術計算において重要な言語の一つであるFORTRANの基本から、数値計算法の基礎的な原理や方法論について学ぶ。

**学習の到達目標** 熱流体問題に関連する偏微分方程式を離散的に展開し、解析する手法を修得する。また数値解析技術を修得する

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

計算機利用の基礎、エネルギー保存則、熱移動と温度  
プログラム言語、数値計算、データ解析、シミュレーション、数値流体力学  
差分法、有限体積法

**Keywords** Fortran, Numecal simulation, Numerical methods, heat transfer, CFD

### 学習内容

- 第 1回 フォートラン(Fortran)の基礎I
- 第 2回 フォートラン(Fortran)の基礎II
- 第 3回 フォートラン(Fortran)の基礎III
- 第 4回 非線形方程式の数値解法
- 第 5回 フォートランによる非線形方程式の数値解析
- 第 6回 連立一次方程式の解法 (直接法)

にはプログラミングによる演習が不可避である。総合情報処理センターのパソコンを使用した演習を通して、プログラミング技術を身に付ける。

**本学教育目標との関連** 主体性, 専門知識・技術, 問題発見解決力

**受講要件** 特になし。

**予め履修が望ましい科目** 本科目は機械系専門教育科目のうちエネルギーと流れに関する基幹科目の中に設定されている。直接的には「輸送現象論及び演習」の後継として位置付けられているが、関連する数学科目、例えば「工業数学III IV」等で学習する内容が学術的な基盤となっている。したがって特に履修する際の前提条件としてこれら科目の履修, 単位取得されていることがきわめて望ましい。

**発展科目** 特になし。

**教科書** 特に指定しない。

**参考書** FOTRAN77と数値計算法 (培風館)

### 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、8割以上出席した者に対して単位を与える。評価は、宿題レポート、試験の総計100点で行うが、受講者の人数も含めた受講状況を判断しながらその配分は決定する。総計点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 毎週月曜12:00から13:00 第一合同棟辻本教員室

**授業改善への工夫** 本講義は実習つきの授業ではないが、数値解析を理解するためには計算機と向き合って実際の計算結果を確認することが重要である。このことに鑑み、講義の中に総合情報処理センターにおける実習を組み込んでいる。

**その他** なし

- 第 7回 連立一次方程式の解法 (反復法)
- 第 8回 フォートランによる連立一次方程式の数値解析
- 第 9回 補間法
- 第10回 数値積分と数値微分
- 第11回 最小二乗法と演習
- 第12回 常微分方程式の解法
- 第13回 フォートランによる常微分方程式の数値解析
- 第14回 熱伝導方程式の簡単な例題と演習
- 第15回 流れの数値シミュレーションについて
- 第16回 定期試験

### 学習課題 (予習・復習)

授業前に指定する参考書や関連する書籍、HPを通して授業のキーワードについて調べる。  
授業後、授業中に提示する例題について再度解くことを試みることを。



**授業の概要** 機械工学の分野でも、エレクトロニクスの進歩は制御関係の部分の電子化を推し進めた。このため今日では機械技術者といえども電気回路電子回路の知識が必要となっている。この講義では、基本的な電磁気と主としてアナログ回路について実践的な講義を行う。また、最近のロジック回路の進歩に対応してCPLDについて追加資料とデモンストレーションを行なう。

**学習の目的** 4年次の卒業研究等では実際に電氣的な計測を行う事が数多くある。この時役に立つ実践的な回路学を学ぶ。

**学習の到達目標** 4年次の卒業研究等では実際に電氣的な計測を行う事が数多くある。この時役に立つ実践的な回路学を学ぶ。

**本学教育目標との関連** 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 問題発見解決力

**受講要件** この授業の基礎として基礎物理学Ⅱ（電磁気学）がある。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 計測基礎論と基本的な量の測定法、電気／電子回路、信号変換／伝送、信号処理

**Keywords** electrical and electronic circuit, signal processing, signal translation and transmission, the measurement of analog data

### 学習内容

- 第1回 電気の単位・電磁気学の復習
- 第2回 電源とRC(L)回路
- 第3回 ボーデ線図および入力インピーダンスについて
- 第4回 分圧回路について
- 第5回 電子回路素子について

**予め履修が望ましい科目** 基礎物理学Ⅱ（電磁気学）

**教科書** 電子回路学入門（小原治樹著、コロナ社）

**参考書** よくわかる電子機械基礎（妹尾允史・鈴木泰之 共著、オーム社）

### 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、7割以上出席した者に対して単位を与える。

評価は、基本的には期末試験の成績で行い、宿題レポートを実施した場合にはその評価を期末試験の成績に加味したものを総合成績点数（100点満点）とする。総合成績点数/10を最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 前期水曜日午後16時～17時に機械棟3階早川の部屋にて対応。

- 第6回 バイポーラトランジスタについて
- 第7回 FET, サイリスタについて
- 第8回 オペアンプについて（反転増幅、ボルテージフロア）
- 第9回 オペアンプについて（積分、微分回路、比較器）
- 第10回 整流回路とサンプルホールド回路
- 第11回 定電圧回路と受光回路
- 第12回 デジタル回路
- 第13回 アナログスイッチ、D-A変換、A-D変換回路
- 第14回 入出力インターフェイスについて
- 第15回 モータの駆動回路について
- 第16回 定期試験

## 授業の概要

機械工として、必要とされるハードウェアとソフトウェア技術の基礎をバランス良く学習する。

ハードウェアとしては、コンピュータへの入出力デバイスの接続に必要な基礎、ソフトウェアとしては、データ処理に必要な最適化手法のアルゴリズムの基礎を学習する。

## 学習の目的

情報工学は現在においては、工学の基礎の一つであり、機械工学においても情報工学の基盤技術の上に成り立つ部分も多い。

本講座では、機械工でも基礎として必要とされる情報工学を学習し習得する。

## 学習の到達目標

情報工学のハードウェアとして論理素子からコンピュータの基本アーキテクチャまで、ソフトウェアとして情報量の概念からいくつかの代表的な情報処理アルゴリズムまでを理解する。

**本学教育目標との関連** 感性、幅広い教養、論理的・批判的思考力、表現力(発表・討論・対話)、問題発見解決力

**受講要件** できれば、高校の「情報」の教科書をもう一度復習しておいてください。また、その教科書を合わせて使用してください

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 情報技術、計算機アーキテクチャ、最適化アルゴリズム

**Keywords** information tech.computer architecture, optimization algorithms

## 学習内容

- 第1回 n進数表現
- 第2回 コンピュータのハードウェアとは (ブール代数と論理)
- 第3回 コンピュータのハードウェアとは (論理回路・フリップフロップ)
- 第4回 コンピュータのハードウェアとは (アーキテクチャ例)
- 第5回 コンピュータのソフトウェアとは

い。

**予め履修が望ましい科目** 電子計算機プログラミング及び演習を履修していることが望ましい。

**教科書** 初年度は特にありません。

## 参考書

コンピュータとは何だろうか (綾 皓二郎・藤井 龜 共著 森北出版株式会社)

よくわかる電子機械基礎 (妹尾允史・鈴木泰之 共著 オーム社)

**成績評価方法と基準** 原則として期末試験の点数を元に最終成績をつけます。しかし、各授業でのレポートも考慮します。

**オフィスアワー** 電子メールで連絡をしてくれば、いつでも対応します。

**授業改善への工夫** 初年度なので、学生の理解度をみながら授業のレベル調整をする。

**JABEE関連事項** 計算機アーキテクチャ、ネットワーク、インターフェイス

**その他** 情報工では、いくつかの科目に分かれる分野の基礎を取り扱います。

- 第6回 ネットワークとTCP/IPについて
- 第7回 情報伝達と情報量
- 第8回 最適化手法 最小二乗法
- 第9回 クラスタリング (k-means)
- 第10回 ニューラルネットワークの基礎
- 第11回 サポートベクターマシンの基礎
- 第12回 強化学習
- 第13回 ディープラーニング
- 第14回 サンプルコードを用いる紹介
- 第15回 全体まとめ
- 定期試験

# 計測工学および演習

Sensing Technology and Exercises

学期 前期 開講時間 木 5, 6, 7 単位 2.5 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義, 演習  
担当教員 早川 聡一郎(工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** ロボット・マニピレータに代表される機械の知能化には、人間の感覚に対応する各種センサによる計測システムが必須である。また、工業製品などの品質の保証や互換性の保持、大気の状態や地殻の変動など地球環境の把握など広範囲な領域で計測は重要な役割を果たしている。計測とはセンサで単に測定することだけではない。求められた事象をどのような測定量として測定すればよいかを考え決定し、その測定量の特性を検討し、その測定に必要なセンサを選択または開発し、得られた計測量についてデータ処理などの解析を行い、結果を分析し、その後の制御などの目的に合う形式に変換するというようなトータルシステムである。このような計測システムを構成するセンサやデータ処理方法について学習する。

**学習の目的** 各種センサの原理を理解し、計測するために必要なセンサを選択することができる。コンピュータで計測データを取り込み、解析などを行うために必要な変換器などを選定・設計し、適切なデータ処理を行うことができる。

**学習の到達目標** 各種センサの原理を理解し、説明することができる。コンピュータで計測データを取り込み、解析などを行うために必要な変換器などを選定し、適切なデータ処理を行うことができる。

**本学教育目標との関連** 幅広い教養, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 問題発見解決力

**予め履修が望ましい科目** 各種センサーの原理については、「物理学」、「材料・物性工学」、「電磁気学」などの基礎工学。誤差解析や信号処理については、偏微分などの基礎数学や「工業数学」で学んだ確率統計やフーリエ変換などを用いる。

**発展科目** 単に物理現象を「はかる」だけでなく、得られたデータを用いて「制御工学」、「システム制御工学」、「電子機械学

および演習など」などに応用する。

**教科書** 計測システム工学の基礎 第3版 (西原他、森北出版株式会社)

## 参考書

センシング工学 (新美、コロナ社)、計測工学 (山口他、共立出版)、エレクトロニクス計測 (市川、オーム社) 信号処理 (森下他、計測自動制御学会)、計測と信号処理 (鳥居、コロナ社)、波形データ処理 (南、CQ出版)、デジタル回路の考え方 (清水他、オーム社) など

## 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、7割以上出席した者に対して単位を与える。

評価は、宿題レポート・調査型課題 (20点)、定期試験 (80点) の総計100点で行い、総計点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

ただし、レポートと定期試験の点数配分はレポートの出題状況により変更する場合がある。

**オフィスアワー** 火曜日 5, 6 限に、早川教員室 (工学部機械棟 2314号室) で対応する予定であるが、事前に電子メールにより必ず連絡し確認をすること。

## 授業改善への工夫

演習を行い、演習問題を解説する時間も設ける。

毎回の授業の初めには前回行った内容を簡潔に示し、今回の授業への導入が容易になるようにする。

関連する科目内容について再確認の目的も含めて取扱い、必要ならばその要約で復習する。

具体的実例についても可能な限り触れるようにする。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

計測基礎論と基本的な量の測定法

単位、不確かさと精度、データ解析、センサ、インタフェース、信号処理、

**Keywords** Unit, Uncertainty and precision, Data analysis, Sensor, Interface, Signal processing

### 学習内容

授業内容

- 第1回 計測の概要
- 第2回 物理量の単位、SI単位系
- 第3回 測定の誤差と精度 1  
測定誤差、有効数字、計算過程の誤差
- 第4回 測定の誤差と精度 2  
測定の精度、精度の表し方、間接測定
- 第5回 最小二乗法 1  
基準の方程式 (一次式)、簡便な導出法
- 第6回 最小二乗法 2  
対数スケール問題、二次形式の最小二乗法
- 第7回 データの補完

- 第8回 回帰分析と分散分析
- 第9回 機械的測定 1  
ゲージ、角度、質量
- 第10回 機械的測定 2  
力、圧力、流速、衝撃
- 第11回 センサとセンシング 1  
機械量の計測
- 第12回 センサとセンシング 2  
磁界の計測、光の計測、温度の計測
- 第13回 信号の計測法 1  
アナログ前処理、計測用IC、フィルタ
- 第14回 信号の計測法 2  
ノイズ対策、観測機器、ADコンバータ
- 第15回 信号の処理
- 第16回 定期試験

## 学習課題 (予習・復習)

事前に教科書の授業範囲の内容を読んでおくこと。

事後は各回の演習問題を再度解きなおすこと。

また、第6回講義後に測定に関する実践的演習課題を出す。

# 制御工学及び演習

Control Engineering and Exercises

学期 前期 開講時間 火5,6,7 単位 2.5 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 必修 授業の方法 講義, 演習  
担当教員 矢野 賢一 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 制御工学は、機械の性能を数学的に表現し、その特性を評価しつつ、制御器を設計するものである。そのため、数学の知識が必要不可欠であり、授業の大半は、数学的な計算が主となる。なるべく、実際の機械を例に取り、必要な基礎知識を身につけるよう配慮する。本授業では、古典制御理論を中心に機械機器の制御装置を設計するための考え方を体得し、さらに現代制御理論へ進むための足掛かりを得る。また、学習内容の理解と数学的計算の練習のため、演習の時間を設け、理論的な展開をどのように数値化していくのか、その考え方を体得する。

**学習の目的** 古典制御理論を理解し、制御装置を考察することで、制御装置の動作特性を理解できるようになる。

**学習の到達目標** 本講義で到達できるレベルは、例えばFE試験のAutomatic Controlsの問題が解けるレベルがあげられる。

**本学教育目標との関連** 主体性, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 問題発見解決力

**受講要件** この授業の基礎としては、「工業数学II及び演習」の複素数, 「工業数学III」の微分方程式, 「工業数学IV」のラプラス変換であり、これらの知識を直接利用して授業を進めるので、その習得は必要不可欠である。また、発展・応用としては「システム制御工学」があげられる。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 線形制御論, 古典制御論, ラプラス変換, 伝達関数, ボード線図, PID制御

**Keywords** Linear Control Theory, Classical Control Theory, Laplace Transform, Transfer Function, Bode Diagram, PID Control

### 学習内容

- 第1回 制御とは？(自動制御, フォードバック制御系の構成, 制御系の分類)
- 第2回 伝達関数(ダイナミカルシステムの表現とモデリング)
- 第3回 ラプラス変換(ラプラス変換の計算法)
- 第4回 逆ラプラス変換
- 第5回 伝達要素と伝達関数(伝達関数の例を示す)
- 第6回 ブロック線図(ブロック線図の書き方と変換方法)
- 第7回 過渡応答(逆ラプラス変換を用いた過渡応答計算法)
- 第8回 伝達関数の極, 零点と過渡応答(伝達関数の特性を表す

**予め履修が望ましい科目** 工業数学II及び演習, 工業数学III, 工業数学IV

**発展科目** システム制御工学

**教科書** 基礎制御工学(小林伸明, 共立出版)

### 参考書

フィードバックの制御の基礎(片山徹, 朝倉書店)  
制御工学 ー基礎からのステップアップー(大日方五郎 編, 朝倉書店)

### 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり, 8割以上出席した者に対して単位を与える。  
評価は, レポート(30点), 期末試験(70点)の総計100点で行い, 総計点数/10を四捨五入して最終成績とし, 最終成績6以上を合格とする。

**授業改善への工夫** 毎回の授業の初めには前回行った内容を簡潔に示し, 今回の授業への導入が容易になるようにする。また, 各回の内容を初めに明確にする。毎時間, 1時間程度の演習時間を設けて各種の問題を出題し, 基礎知識とその応用力が修得できるようにする。

- 極, 零点と過渡応答との関係を示す)
- 第9回 周波数応答(周波数応答の考え方, 計算法)
- 第10回 安定性(システムの安定性, 特性多項式, ラウスフルビッツの安定判別法)
- 第11回 安定余裕
- 第12回 フィードバックの働き(目標値追従と外乱除去, 定常特性)
- 第13回 閉ループ伝達関数による性能評価(周波数特性による性能評価)
- 第14回 時間領域におけるコントローラ的设计(根軌跡, P I Dコントローラ)
- 第15回 周波数領域におけるコントローラ的设计(位相進み, 位相送れ補償)
- 第16回 定期試験

**学習課題(予習・復習)** 復習: 対応する章末問題の解答

## 授業の概要

現代制御理論の考え方にに基づき、システムを分類し、動的システムとしての数学モデルとして、状態方程式を取り上げ、「制御工学」で学習した伝達関数との関連について学ぶ。この状態方程式による表現は一意的でなく、状態変数の取り方により種々の表現が可能である。次に、制御系を設計する上で重要な可制御性と可観測性の概念を示し、正準分解によるシステムの構造と性質について学ぶ。最後に、「制御工学」で学習した古典制御に対して、線形連続時間系の多変数制御理論としての状態空間法を用いた状態フィードバック制御について学習する。古典制御理論では多入力多出力系への適応が困難であり、制御系設計が直感的であった。これに対し、状態方程式に基づく現代制御理論により数学的に一般論を展開でき、設計された制御器の制御性能や適用限界が明確になる。このような状態フィードバック制御には状態が必要である。しかし、一般には状態がすべて直接計測できるとは限らない。状態が計測できない場合、システムに与える入力とシステムから得られる出力を用いて状態を推定する手法についても学習する。

また、講義だけでなく、制御系CADとしてMATLABを用いた演習も行う。

## 学習の目的

システムを状態空間で表現し、伝達関数行列やシステムの応答を求めることや、安定判別ができる。極配置や最適レギュレータを用いて状態フィードバック制御系の設計を行うことができる。

**学習の到達目標** 機械システムなどのシステムの線形近似モデル

を状態空間で表現し、そのシステムを制御するための状態フィードバック制御装置を設計することができる。

**本学教育目標との関連** 幅広い教養, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 問題発見解決力

## 予め履修が望ましい科目

この授業の基礎としては、「基礎線形代数学」、「工業数学III」の微分方程式、「工業数学IV」のラプラス変換などの基礎数学があり、これらの知識を直接利用して授業を進めるので、これらの習得は必要不可欠である。

また、「制御工学および演習」で学習した伝達関数を扱ったり、古典制御との対比を行うので、それらを習得している必要がある。

## 教科書

シリーズ知能機械工学③  
 現代制御 (山田ら、共立出版)

## 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、8割以上出席した者に対して単位を与える。

評価は、宿題・レポート(30点)、定期試験(70点)の総計100点で行い、60点以上を合格とし、総計点数/10を四捨五入して最終成績とする。

**オフィスアワー** 電子メールによる受け付け可。

## 授業改善への工夫

講義だけでなく計算機を用いた制御系CAD演習を行う。各章毎に演習問題も行う。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 線形制御理論, 現代制御論, 状態方程式, 安定理論, 最適レギュレータ, MATLAB & Simulink

**Keywords** Linear Control Theory, Modern Control Theory, State-Space Equation, Stability, Optimal Regulator, MATLAB & Simulink

## 学習内容

授業内容:

- 第1回 自動制御概論
- 第2回 状態空間法  
状態方程式(状態変数、線形時不変モデル)  
状態方程式の解(固有値、状態遷移行列)
- 第3回 状態方程式と伝達関数(伝達関数行列)
- 第4回 状態方程式と伝達関数(実現、同伴形)
- 第5回 システムの座標変換(相似変換、モード分解)
- 第6回 システムの構造的性質
- 第7回 可制御性と可観測性

- (可制御行列/可観測行列、可制御正準形/可観測正準形)
- 第8回 システムの構造
- 第9回 状態方程式に基づく制御系設計  
安定性(リアプノフの安定性、安定判別)  
状態フィードバック、極配置法
- 第10回 最適レギュレータ(リッカチ方程式)
- 第11回 状態観測と制御  
オブザーバ、オブザーバに基づく制御
- 第12回 様々な制御系設計法
- 第13回 MATLABとSIMULINK演習
- 第14回 MATLABとSIMULINK演習
- 第15回 MATLABとSIMULINK演習
- 第16回 定期試験

**学習課題(予習・復習)** 各章毎に演習問題を行う。

# 機械運動学

Kinematics

学期 後期 開講時間 木3,4 単位 2 対象 総合工学科機械工学コース1年次より機械工学コース決定の1年生 総合工学コースからの機械工学コース配属の2年生 年次 学部(学士課程): 1年次, 2年次 選/必 選択 授業の方法 講義 授業の特徴 地域理解・地域交流の要素を加えた授業

担当教員 野村 由司彦(非常勤講師)

## 授業の概要

機械工学の入門として機械運動学について述べる。機械設計を始め、機械工学科で学習する専門科目の基礎として、機械を構成するリンク、歯車、カムなどの機械要素に関する知識を修得し、機械要素相互間の運動を支配する法則と数学的手法を理解することにより、機械装置の運動が理解できるようにする。

本科目は、機械工学科に入学した学生が初年度に学習する専門科目の一つであり、機械工学科の「専門科目」の入門科目的な意味をもっており、極めて重要な科目であるので、ぜひ履修取得してもらいたい。

## 学習の目的

瞬間中心、速度、加速度などの運動

- ・機械を構成するリンク、歯車、カムなどの機械要素
- ・機械要素相互間の運動を支配する法則

について説明することができる。

さらにそれらの知識を用いて、機械要素の運動に関する基礎的な問題が説くことができる。

**学習の到達目標** 本講義で到達できるレベル：運動の基礎、速度・加速度の内容については、例えばFE試験のDYNAMICS分野におけるKinematicsの問題が容易に解けるレベルである。

**本学教育目標との関連** 主体性、専門知識・技術、論理的・批判的思考力

## 予め履修が望ましい科目

入門物理学演習  
入門数学演習  
基礎微積分学

**発展科目** 力学I, 力学II及び演習、機械力学及び演習、振動工学

**教科書** 図解機械運動学入門(簡易印刷, 野村由司彦著)。

## 成績評価方法と基準

・12回以上出席すること、およびすべての課題を提出することが単位を与えるための必要条件。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

基本キーワード： 運動の法則  
個別キーワード： 機構の運動学 (キネマティクス)  
学科キーワード： なし

**Keywords** laws of motion, kinematics of mechanism, instant center of rotation, gear, cam

### 学習内容

第1回 第1章 基礎、質点の運動：スカラーとベクトル、微小と無限小、速度、加速度、回転運動、角速度、円運動、角加速度、円運動における接線方向、半径方向の加速度  
第2回 第1章 基礎(続き)、回転する剛体上で半径方向に直線運動している点の加速度・角加速度  
第3回 第2章 機構運動の基礎：機構に関する用語と表現、ある瞬間における回転の中心、すなわち瞬間中心  
第4回 第2章 機構運動の基礎(続き)：3瞬間中心の定理、転がり接触の瞬間中心、3瞬間中心の定理、機構の瞬間中心、“3瞬間中心の定理”を用いて瞬間中心を求める方法、滑り接触の瞬間中心  
第5、6回 第2章 機構運動の基礎(続き)：滑り対偶の瞬間中心、滑り接触の瞬間中心  
第7回 第3章 機構における速度・加速度：剛体における相対速度、瞬間中心を用いた機構の速度の求め方(写像法)

・評価：期末試験(100点満点)の得点の平均点について、100~95点を10、それ以外については94~90点を9、89~80点を8、79~70点を7、69~60点を6というように、平均点/10の小数点以下を切り捨てて最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

## オフィスアワー

・授業後、対応します。電子メールアドレス：nomura@mach.mie-u.ac.jpにより、予約をしてください。  
ホームページアドレス(URL)：http://www.int.mach.mie-u.ac.jp/→教員より/機械運動学 ここには教員からの連絡あり。演習問題の解答例も示されている。

## 授業改善への工夫

- ・毎回、(自学自習)課題を提示して、自己学習への動機づけと理解の定着を図る。
- ・講義ではポイントに絞るとともに、分かりやすさと直感的理解を重視した説明を行う。一方、テキストには、分かり易さに加えて、深い理解を可能とする、十分な量の情報を盛り込むことにより、自ら考える力を養ってもらおう。また、欠席、遅刻、宿題未遂、居眠りなどに対して厳しく対処するとともに、課題で自習を促すことにより、学生個人と教室全体の学習モラル向上に配慮する。常に、これらの三点を意識して、教育方法を工夫している。
- ・特に、前半ではドリル式授業を取り入れた。ドリルは、初歩的な内容から高度な内容まで、問題を解いていく過程で、十分な質・量を備えた知識が獲得できるように構成した。
- ・自作テキスト：図をふんだんに盛り込んだテキストを用いている。
- ・機構模型：講義では、模型で動きを説明する(OHPを使用)。
- ・また、機構学シミュレーションプログラム(製作、加藤典彦先生)により、リンク装置、歯車列、カムの動きを見ることが出来る。下記のURLから自由にダウンロードできる。これによっても機械の動きを目で見て楽しめるようにした。
- ・学生の要望を受けて、授業の内容を絞り込み、演習問題について解説する時間を設けた。
- ・電子サポートシステム：研究室のホームページhttp://www.int.mach.mie-u.ac.jp/で、(1)章末の演習問題のヒントや解答例の確認、(2)講義に関わる各種連絡 ができる。

第8回 第3章 機構における速度・加速度：剛体における相対速度、写像点を用いた機構の速度の求め方(写像法)  
第9回 第3章 機構における速度・加速度(続き)：相対加速度とは、機構における加速度の求め方(写像法)  
第10回 第7章 7.3 機構における速度、加速度(解析的解法)  
第11回 第4章 摩擦伝動装置：角速度比一定の転がり接触、摩擦車、変速摩擦伝動装置  
第12回 第5章 歯車装置：歯車とは、歯車歯形としての条件、滑り速度、歯車に関する用語と記号、歯切りの方法、円のインボリュート、インボリュート歯形、かみあい率  
第13回 第6章 第5章 歯車装置(続き)：中心距離の変化の影響、滑り率  
第14回 第5章 歯車装置(続き)：固定歯車列、遊星歯車列  
第15回 第6章 カム装置：カムの種類、カム線図とカムの輪郭、従動節の速度、従動節の滑り速度、おもな基礎曲線とカム線図、連続・不連続、緩和曲線、第7章 リンク装置、グラスホフ(Grashof)の定理、球面運動連鎖  
第16回 定期試験

**学習課題(予習・復習)** 復習：毎回、授業で学んだ内容に対応させて、ドリル、および教科書の「問い」を復習課題として行ってもらおう。

# ロボット工学及び演習

Robotics and Exercises

学期 後期 開講時間 木 5, 6, 7 単位 2.5 年次 学部(学士課程): 3年次 選択 授業の方法 講義, 演習 授業の特徴 その他、能動的要素を加えた授業 (ミニツッペーパー、シャトルカードなど)  
担当教員 加藤 典彦(工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 近年、コンピュータのハードウェア技術と情報処理ソフトウェア技術はめざましく発展している。そして、機械は、自らが状況を判断し、状況に応じて適切に振る舞うことのできる賢い知能機械へと変貌を遂げている。本講義では、この知能機械の基礎となるアクチュエータやロボットマニピュレータなどのロボティクス・メカトロニクスについて解説するとともに、ロボットアームの機構とその運動学、動力学などについても解説する。

**学習の到達目標** ロボット工学の基礎を理解すること。また、知能機械の基礎となるアクチュエータやロボットマニピュレータなどのロボティクス・メカトロニクスについてやロボットアームの機構とその運動学、動力学などについて説明できること。

**本学教育目標との関連** 主体性, 専門知識・技術, 論理的・批判的思

考力

**予め履修が望ましい科目** 予備知識：基礎線形代数学，工業数学Ⅳ，工業数学Ⅴ，電子計算機プログラミング，情報工学，計測工学，制御工学

**教科書** ロボット工学の基礎，川崎晴久著，森北出版

**成績評価方法と基準**

レポート等40%、期末試験60%、計100%  
(合計が60%以上で合格)

**オフィスアワー**

質問のある場合は、e-mailで対応します。  
e-mailアドレスは、Webシラバスの同じ科目の欄を参照ください。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** センサ，アクチュエータ，ロボットマニピュレータ，運動学，動力学

**Keywords** Sensor, Actuator, Robot manipulator, Kinematics, Dynamics

### 学習内容

- 第1回 序論
- 第2回 ロボットの感覚、センサ
- 第3回 ロボットのアクチュエータ
- 第4回 ロボットアームの機構と運動学1 (機構、平行移動・回転移動)
- 第5回 ロボットアームの機構と運動学2 (同時変換、姿勢表現)
- 第6回 ロボットアームの機構と運動学3 (順運動学、逆運動学)

- 第7回 ロボットアームの機構と運動学4 (速度・加速度)
- 第8回 ロボットアームの機構と運動学5 (静力学、特異点)
- 第9回 ロボットアームの動力学1 (ラグランジュ法)
- 第10回 ロボットアームの動力学2 (ニュートン・オイラー法)
- 第11回 パラメータ同定
- 第12回 ロボットの位置・軌道制御1 (軌道生成、軌道制御)
- 第13回 ロボットの位置・軌道制御2 (動的制御)
- 第14回 ロボットの力制御 (インピーダンス制御)
- 第15回 ロボットの力制御 (ハイブリッド制御)
- 第16回 定期試験

### 学習課題 (予習・復習)

予習：テキスト等で事前学習を行う。  
復習：演習問題などを通して事後学習を行う。

**授業の概要**

機械を形作る金属はどうして高い強度を持つのでしょうか？ どうして塑性変形し、一度破壊したらもたに戻らないのでしょうか？ どうして金属・半導体・絶縁体は、物性が大きく異なるのでしょうか？ この授業では、材料の強度をはじめとする金属・半導体・絶縁体の持つ性質（物性）を理解する基礎として、量子力学の考え方を学びます。その後、これを応用して、上記の物性の理解を試みます。受講生は、この授業を通して、量子力学の考え方を学ぶとともに、従来、当たり前だと考えていた様々な物質の現象に、ミクロな量子粒子の働きがあることが理解できるようになります。Why is the metal that forms the machine so strong? Why is it plastically deformed and does not return to its original state once broken? Why are the properties of metals, semiconductors, and insulators so different? In this class, you will learn the concept of quantum mechanics as a basis for understanding the properties (physical properties) of metals, semiconductors, and insulators, including material strength. After that, we will try to understand the above properties by applying this. Through this class, students will learn the concept of quantum mechanics, and will be able to understand the functions of microscopic quantum particles in the phenomena of various materials that were considered conventional.

**学習の目的**

- ・量子力学が誕生した歴史的背景を理解できる。
- ・量子粒子の極限としての、古典粒子の存在を理解できる。
- ・フェルミ粒子とボーズ粒子と古典粒子の違いが分かる。
- ・波動関数、演算子を用いた確率密度や物理量の期待値の簡単な計算ができるようになる。
- ・井戸型ポテンシャル下の電子の波動関数をシュレディンガー方程式から導出できる。
- ・弾性・塑性・破壊の各物性のメカニズムが理解できる。
- ・金属・半導体・絶縁体の電子構造の違いが理解できる。
- ・Understand the historical background of quantum mechanics.
- ・Understand the existence of classical particles as the limit of quantum particles.
- ・You can see the difference between Fermion, Bose and classical particles.
- ・Simple calculation of expected values of probability density and physical quantity using wave functions and operators.
- ・The wave function of electrons under a well-type potential can be derived from the Schrodinger equation.
- ・Understand the mechanism of each property of elasticity, plasticity and fracture.
- ・Understand the differences in the electronic structure of metals, semiconductors and insulators.

**学習の到達目標**

- ・量子力学が誕生した歴史的背景を理解できる。
- ・量子粒子の極限としての、古典粒子の存在を理解できる。
- ・フェルミ粒子とボーズ粒子と古典粒子の違いが分かる。
- ・波動関数、演算子を用いた確率密度や物理量の期待値の簡単な計算ができるようになる。
- ・井戸型ポテンシャル下の電子の波動関数をシュレディンガー方程式から導出できる。
- ・弾性・塑性・破壊の各物性のメカニズムが理解できる。
- ・金属・半導体・絶縁体の電子構造の違いが理解できる。
- ・Understand the historical background of quantum mechanics.
- ・Understand the existence of classical particles as the limit of quantum particles.
- ・You can see the difference between Fermion, Bose and classical particles.
- ・Simple calculation of expected values of probability density and physical quantity using wave functions and operators.

- ・The wave function of electrons under a well-type potential can be derived from the Schrodinger equation.
- ・Understand the mechanism of each property of elasticity, plasticity and fracture.
- ・Understand the differences in the electronic structure of metals, semiconductors and insulators.

**本学教育目標との関連** 感性, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 表現力(発表・討論・対話), 問題発見解決力

**受講要件**

工業数学III(微分方程式)を履修していること。  
Have taken "Advanced Engineering Mathematics III" for differential equations.

**予め履修が望ましい科目**

この授業の基礎となる科目として、基礎線形代数学 I / II、工業数学 I 及び演習、工業数学 II 及び演習、工業数学 III、工業数学 IV、入門物理学演習、基礎物理学 II がある。  
The basic subjects of this class are Basic Linear Algebra I / II, Advanced Engineering Mathematics I, Advanced Engineering Mathematics II, Advanced Engineering Mathematics III, Advanced Engineering Mathematics IV, Introduction to Physics and Exercises and Basic Physics II.

**発展科目**

発展・応用として、応用電子論、応用量子論、大学院では 固体物理特論・演習、極限物性特論、極限物性演習がある。  
The development and applications include Applied Electron Theory, Applied Quantum Mechanics, and in graduate school, there are Solid State Physics and Seminar in Solid State Physics, Solid State Physics under Extreme Environment, and Physics of Extreme Materials.

**教科書** 工学系のための量子力学(第2版) 上羽弘 森北出版

**参考書**

大学生のためのエッセンス量子力学, 沼居 貴陽著, 共立出版, ISBN 978-4-320-08566-4  
大学生のための量子力学演習, 沼居 貴陽著, 共立出版, ISBN 978-4-320-03496-9  
量子論のエッセンス, 松下 栄子著, 裳華房, ISBN-13: 978-4785328283

**成績評価方法と基準**

レポート: p点(15点)、Moodle小テスト: q点(10点)、期末試験: r点(75点)の p+q+rの点を総合的に評価する。  
60点以上を合格とする。  
Report: p point (15 points), Moodle quiz: q point (10 points), final exam: r point (75 points)  
The point of p + q + r is comprehensively evaluated.  
A score of 60 or more is considered acceptable.

**オフィスアワー**

毎週月曜日12:20~14:30に機械棟2階小竹教員室にて対応する。  
電子メールによる質問を歓迎する。  
Every Monday from 12:20 to 14:30, I will respond in the Kotake teacher's room on the second floor of the machine building. I welcome e-mail questions.

**授業改善への工夫**

- ・毎回、授業前にレジュメを配り、その日の授業のまとめや課題を示す。休んだ学生の便宜をはかるために、レジュメをMoodleで提供する。
- ・授業の板書を書画カメラを用いることで記録し、Moodleで学生に提供する。これにより受講生の復習をしやすくする。



- ・授業後にMoodleで小テストを行い、理解の定着を図る。
- ・質問や連絡をMoodleでおこない、受講生全体に行き渡るようにする。
- ・ Every time, a resume will be given out before class, and a summary of the class and tasks for that day will be shown. Resumes are provided in Moodle for the convenience of students who are absent.
- ・ The class board is recorded by using a document camera and provided to students by Moodle. This makes it easier for students to review.
- ・ After the class, a quiz will be conducted with Moodle to establish

understanding.

- ・ Make questions and communication with Moodle so that they can reach all students.

### その他

量子論は、もともといわゆる常識からの離脱を必要とします。柔軟な論理思考で考える力を養ってください。

Quantum theory originally requires a break away from so-called common sense. Develop your ability to think with flexible logical thinking.

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

物理学の基礎、材料と構造、運動と振動、エネルギーと流れ、情報と計測・制御

弾性と塑性、運動の法則、波動、物性論、熱放射、センサ

量子力学の基礎、不確定性原理、Schrodinger方程式、固有値、固有関数、自由電子論、バンド理論、黒体放射、比熱、光学

### Keywords

basics of physics, materials and structures, motion and vibration, energy and flow, information and measurement /control elasticity and plasticity, laws of motion, waves, physical properties, thermal radiation, sensors

basics of quantum mechanics, uncertainty principle, Schrodinger equation, eigenvalue, eigenfunction, free electron theory, band theory, blackbody radiation, specific heat, optics

### 学習内容

第1回講義 光の量子性

光とは何か？

19世紀後半の物理学の闇：光

粒子説（ニュートン）から見たスネルの法則

波動説（ホイヘンス）から見たスネルの法則

波動説の確信

波動説の揺らぎ

黒体輻射と光電効果

光量子の発見と1個の光のエネルギー

光電効果の説明

光子の運動量

光は波動でありかつ粒子である＝量子

量子論から見たスネルの法則

量子論から見たニュートンの法則

Lecture 1: Quantum nature of light

What is light?

Darkness of physics in the late 19th century: light

Snell's law as seen from the particle theory (Newton)

Snell's law as seen from the wave theory (Huygens)

Wave theory belief

Fluctuation of the wave theory

Blackbody radiation and photoelectric effect

Discovery of photon and energy of one light

Description of photoelectric effect

Photon momentum

Light is a wave and a particle = quantum

Snell's law viewed from quantum theory

Newton's law viewed from quantum theory

第2回講義 物質の量子性

19世紀後半の物理学の闇：物質の理解

原子構造：では電子はどの様に物質中にあるのか？

ド・ブロイの物質波

量子力学の誕生（定式化）：1905年～1923年の薄明（夜明け前）

と1924年の曙（日の出：定式化）

物質や光(エネルギー)は波動でありかつ粒子である＝量子＝波動関数

によるシュレディンガーの描像

自由粒子と平面波は等価？！

自由粒子と平面波から見た古典粒子と量子粒子の運動量

演算子の固有関数と固有値

Lecture 2: Quantum properties of matter

Darkness of physics in the late 19th century: understanding matter

Atomic structure: So how are electrons in matter?

De Broglie matter wave

The birth of quantum mechanics (formulation): Twilight from 1905

to 1923 (before dawn) and dawn from 1924 (sunrise: formulation)

Matter and light (energy) are waves and particles = Quantum = Schrodinger's picture by wave function

Are free particles and plane waves equivalent? !

Momentum of classical and quantum particles viewed from free particles and plane waves

Operator eigenfunctions and eigenvalues

第3回講義 「運動量の演算子」と「Schrodingerの方程式」

1次元の平面波

3次元の平面波

自由粒子と平面波から見た古典粒子と量子粒子の運動量

演算子の固有関数と固有値

波動関数を記述する方程式の誕生：Schrodingerの波動方程式（1次元）

Schrodingerの波動方程式（3次元）

斜面を駆け降りる粒子における波動関数の解

Lecture 3: "Momentum Operator" and "Schrodinger's Equation"

One-dimensional plane wave

3D plane wave

Momentum of classical and quantum particles viewed from free particles and plane waves

Operator eigenfunctions and eigenvalues

Birth of equations describing wave functions: Schrodinger's wave equation (one-dimensional)

Schrodinger's wave equation (3D)

Solution of the wave function of a particle running down a slope

第4回講義 「時間依存Schrodingerの方程式」と「古典力学と量子力学の接続」

自由粒子と平面波から見た古典粒子と量子粒子の運動量

演算子の固有関数と固有値

エネルギー演算子の固有関数と固有値

エネルギー演算子と時間依存項

エネルギー保存系での方程式：Schrodingerの波動方程式（1次元）

エネルギー演算子と時間依存項

古典粒子と量子粒子の位置と運動量の相違

古典世界から量子世界への接続

確率密度

Lecture 4: "Time-dependent Schrodinger equation" and "Connection between classical mechanics and quantum mechanics"

Momentum of classical and quantum particles viewed from free particles and plane waves

Operator eigenfunctions and eigenvalues

Eigenfunctions and eigenvalues of the energy operator

Energy operators and time-dependent terms

Equation in energy conservation system: Schrodinger's wave equation (one-dimensional)

Energy operators and time-dependent terms

Difference between the position and momentum of classical and quantum particles  
 Connecting the classical world to the quantum world  
 Probability density  
 第5回講義 「1次元井戸型ポテンシャル中の波動関数」と「不確定性原理」  
 物質中の自由電子  
 1次元井戸型ポテンシャル  
 1次元井戸型ポテンシャルの波動関数（両端が無限大の壁の場合）  
 1次元井戸型ポテンシャルの波動関数（両端が周期的境界条件の壁の場合）  
 1次元井戸型ポテンシャルの波動関数の運動量とエネルギー  
 1次元井戸型ポテンシャルの波動関数の位置と運動量の不確定性  
 Lecture 5: "Wave functions in one-dimensional well potential" and "Uncertainty principle"  
 Free electrons in matter  
 One-dimensional well potential  
 Wave function of one-dimensional well potential (both ends are infinite walls)  
 Wave function of one-dimensional well potential (when both ends are walls with periodic boundary conditions)  
 Momentum and energy of wave function of one-dimensional well potential  
 Uncertainty of position and momentum of wave function of one-dimensional well potential  
 第6回講義 「3次元のSchrodinger方程式」と「3次元井戸型ポテンシャル」  
 物質中の自由電子  
 Schrodingerの波動方程式（3次元）  
 3次元井戸型ポテンシャルの波動関数（両端が周期的境界条件の壁の場合）  
 3次元井戸型ポテンシャルの波動関数（両端の壁が無限大の場合）  
 3次元井戸型ポテンシャルの波動関数の位置と運動量の不確定性  
 Lecture 6: "Three-dimensional Schrodinger equation" and "Three-dimensional well potential"  
 Free electrons in matter  
 Schrodinger's wave equation (3D)  
 Wave function of three-dimensional well-type potential (when both ends are walls with periodic boundary conditions)  
 Wave function of three-dimensional well-type potential (when both end walls are infinite)  
 Uncertainty of the position and momentum of the wave function of a three-dimensional well potential  
 第7回講義 「不確定性の原理の応用」  
 不確定性の原理の応用  
 フラウンホーファー回折線  
 スリットを通る粒子の回折現象  
 スリットを通る粒子の位置と運動量の不確定性  
 ブラッグの回折条件  
 電子スピン、原子軌道と周期表  
 Lecture 7: "Application of the principle of uncertainty"  
 Application of the principle of uncertainty  
 Fraunhofer diffraction lines  
 Diffraction phenomenon of particles passing through a slit  
 Uncertainty of the position and momentum of a particle passing through a slit  
 Bragg diffraction conditions  
 Electron spin, atomic orbitals and periodic table  
 第8回講義 「量子力学の定式化」と「演算子と固有関数」、「重ね合わせの原理」  
 自由粒子と平面波から見た古典粒子と量子粒子の運動量  
 運動量演算子の固有関数と固有値  
 位置演算子の固有関数と固有値  
 エネルギー演算子の固有関数と固有値  
 波動関数の平面波展開と重ね合わせの原理  
 直交する平面波  
 任意の物理量と固有関数の直交性  
 直交する波動関数と内積  
 一般の波動関数の重ね合わせ表現  
 共役な波動関数  
 一般の波動関数の存在確率  
 波動関数の正規化  
 一般の波動関数の係数  
 Lecture 8: "Formulation of quantum mechanics", "Operators and eigenfunctions", "Principle of superposition"  
 Momentum of classical and quantum particles viewed from free particles and plane waves  
 Eigenfunction and eigenvalue of momentum operator  
 Eigenfunctions and eigenvalues of positional operators  
 Eigenfunctions and eigenvalues of the energy operator  
 Principles of plane wave expansion and superposition of wave functions  
 Orthogonal plane wave  
 Orthogonality of arbitrary physical quantities and eigenfunctions  
 Orthogonal wave functions and inner products  
 Superposition expression of general wave functions  
 Conjugate wave function  
 Probability of existence of general wave function  
 Wave function normalization  
 General wave function coefficients  
 第9回講義 「位置の演算子と位置の期待値」と「エネルギー演算子とエネルギーの期待値」と「演算子のエルミート性」  
 波動関数の正規化  
 任意の物理量と固有関数の直交性  
 運動量の期待値  
 位置の期待値  
 古典粒子と量子粒子の位置と運動量の相違  
 波動関数のエネルギー固有関数展開  
 エネルギーの期待値  
 任意の物理量の期待値  
 任意の物理量と固有関数の直交性  
 任意の物理量のエルミート性  
 Lecture 9: "Position operator and expected value of position", "Energy operator and expected value of energy", and "Hermitian nature of operator"  
 Wave function normalization  
 Orthogonality of arbitrary physical quantities and eigenfunctions  
 Expectation of momentum  
 Expected position  
 Difference between the position and momentum of classical and quantum particles  
 Energy eigenfunction expansion of wave functions  
 Expected energy value  
 Expected value of any physical quantity  
 Orthogonality of arbitrary physical quantities and eigenfunctions  
 Hermite property of any physical quantity  
 第10回講義 トンネル現象  
 1次元波動関数のトンネル現象  
 3次元波動関数のトンネル現象  
 日常に見られるのトンネル現象  
 スリットを通る粒子のトンネル現象  
 光の全反射  
 Lecture 10: Tunneling phenomenon  
 Tunneling of one-dimensional wave function  
 Tunneling of three-dimensional wave function  
 Tunneling phenomenon seen in everyday life  
 Tunneling of particles through a slit  
 Total reflection of light  
 第11回講義 固体内部の電子論と自由電子論  
 固体内部の電子論  
 量子粒子の種類—フェルミ粒子とボーズ粒子—  
 固体内部の自由電子  
 1次元固体中の自由電子の構造  
 3次元固体中の自由電子の構造

3次元井戸型ポテンシャルの波動関数（両端が周期的境界条件の壁の場合）  
3次元井戸型ポテンシャルの波動関数（両端の壁が無限大の場合）  
3次元井戸型ポテンシャルの波動関数の位置と運動量の不確定性  
波数空間  
フェルミ電子とフェルミ球とフェルミエネルギー  
Lecture 11: Electron theory and free electron theory inside solids  
Electron theory inside solids  
Types of quantum particles-Fermions and Bose particles-  
Free electrons inside a solid  
Structure of free electrons in one-dimensional solid  
Structure of free electrons in a three-dimensional solid  
Wave function of three-dimensional well-type potential (when both ends are walls with periodic boundary conditions)  
Wave function of three-dimensional well-type potential (when both end walls are infinite)  
Uncertainty of the position and momentum of the wave function of a three-dimensional well potential  
Wave number space  
Fermi electron, Fermi sphere and Fermi energy  
第12回講義 固体の機械的性質  
自由電子の圧力  
弾性  
塑性  
破壊  
Lecture 12: Mechanical Properties of Solids  
Free electron pressure  
Elasticity  
Plasticity  
Destruction  
第13回講義 固体内部のバンド構造と物性論  
バンドギャップと物性  
バンド構造  
1次元井戸型ポテンシャルの波動関数の運動量とエネルギー  
1次元井戸型ポテンシャルの波動関数の位置と運動量の不確定性  
固体内部のバンド構造  
準自由粒子モデル  
固体をモデル化する方法  
固体と液体の原子構造  
バンドギャップと物性  
結晶中のイオンの周期的な並びに起こる電子波のBragg散乱  
固体中のバンドとバンドギャップ  
Lecture 13: Band Structure and Physical Properties in Solids  
Band gap and physical properties  
Band structure  
Momentum and energy of wave function of one-dimensional well potential  
Uncertainty of position and momentum of wave function of one-dimensional well potential  
Band structure inside solid

Quasifree particle model  
How to model a solid  
Atomic structure of solids and liquids  
Band gap and physical properties  
Bragg scattering of periodic and occurring electron waves of ions in a crystal.  
Bands and band gaps in solids  
第14回講義 固体の物性論  
固体の性質（固体物性）  
バンド構造  
金属と半導体・絶縁体  
バンド中で電気伝導に関与する電子  
真性半導体と不純物半導体（p型・n型）  
半導体と絶縁体  
ダイオード（p-n接合）  
太陽電池  
光の透過度  
金属  
半導体や絶縁体  
Lecture 14: Solid State Physical Properties  
Solid Properties (Solid Properties)  
Band structure  
Metals, semiconductors and insulators  
Electrons participating in electrical conduction in the band  
Intrinsic semiconductor and impurity semiconductor (p-type and n-type)  
Semiconductors and insulators  
Diode (p-n junction)  
Solar cell  
Light transmittance  
metal  
Semiconductors and insulators  
第15回講義 全体のまとめと復習  
レポートの回答  
Lecture 15: Summary and Review  
Report Answer  
第16回 定期試験  
Regular Exam

#### 学習課題（予習・復習）

事前学修：特に必要はありません。  
事後学修：Moodleの小テストに回答ください。  
Moodleに掲げた板書ノートを参考に、各自の授業ノートを完成ください。  
レジメの最後に記されているレポート課題を解いてください。  
Pre-learning: No special requirements.  
Subsequent study: Please answer the quiz of Moodle.  
Please complete your own class notebook with reference to the notebook on Moodle.  
Complete the report assignment at the end of the resume.

学期 後期 開講時間 木 8, 9, 10 単位 2 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義 授業の特徴 Moodleを活用する授業, キャリア教育の要素を加えた授業  
担当教員 小竹 茂夫 (工学部)

### 授業の概要

工学において、実際の材料がもつ様々な性質や量子力学的な考え方を理解することは、大変重要である。物の性質（物性）がどのように決まっているのか、材料によってどのように違うか、量子情報は従来の情報理論とはどう違うか、を理解することは、機械エンジニアが適切な設計を行う上でも、機械の性能を理解するうえでも必須の知識となる。

本講義では、前期の「応用電子論」に引き続き、様々な物の性質を取り上げ、量子力学を背景とした物性論の講義を通して、それらの概要を講義する。

さらに量子力学を応用した情報理論（量子情報）の基礎的な考え方を紹介し、量子コンピューターの人工知能や現在制御理論への応用についても講義する。基本的には式を追うだけの授業はせず、基本的な性質がどのような仕組みから発現するかの定性的な説明に心がけたい。

In engineering, it is very important to understand the various properties and quantum mechanics of real materials. To understand how the properties (physical properties) of an object are determined, how it differs depending on the material, and how quantum information differs from conventional information theory, a mechanical engineer performs an appropriate design. It is essential knowledge for understanding machine performance.

In this lecture, following on from the previous term "Applied Electron Theory", we will take up the properties of various things and give an overview of them through lectures on physical properties with quantum mechanics as a background.

In addition, the basic concept of information theory (quantum information) applying quantum mechanics will be introduced, and the application of quantum computers to artificial intelligence and current control theory will be lectured. Basically, I don't want to teach only the ceremony, but try to give a qualitative explanation of how the basic properties emerge.

### 学習の目的

物性論、量子力学、電子論、量子情報、電磁気学、統計力学、材料強度、機器分析、人工知能の理解が深まり、固体物理学や制御理論を学ぶ基礎的能力が身に付く。

Students will deepen their understanding of condensed matter theory, quantum mechanics, electron theory, quantum information, electromagnetics, statistical mechanics, material strength, instrumental analysis, artificial intelligence, and acquire the basic ability to study solid state physics and control theory.

### 学習の到達目標

- ・半導体デバイスのメカニズムが分かる。
- ・レーザーやLED・量子井戸の構造が理解できる。
- ・固体の誘電体的性質が理解できる。
- ・固体の磁気的性質や磁性体種類が理解できる。
- ・超伝導の原理や性質が理解できる。
- ・結晶の不完全性を生む格子欠陥、転位を理解できる。
- ・材料の力学物性の学問の現状を理解できる。
- ・材料の分析機器のメカニズムが理解できる。
- ・量子情報の基礎的な考え方が理解できる。
- ・量子コンピューターの仕組みが理解できる。
- ・量子アルゴリズムの考え方が理解できる。
- ・量子情報を応用した制御理論や人工知能の可能性を理解できる。
- ・Understand the mechanism of semiconductor devices.
- ・Understand the structure of lasers, LEDs, and quantum wells.
- ・Understand solid dielectric properties.
- ・Understand the magnetic properties and types of magnetic materials of solids.
- ・Understand the principles and properties of superconductivity.
- ・Understand lattice defects and dislocations that cause crystal im-

perfections.

- ・ Understand the current state of study of the mechanical properties of materials.
- ・ Understand the mechanism of material analysis equipment.
- ・ Understand the basic concept of quantum information.
- ・ Understand how quantum computers work.
- ・ Understand the concept of quantum algorithms.
- ・ Understand the potential of control theory and artificial intelligence using quantum information.

**本学教育目標との関連** 感性、主体性、幅広い教養、専門知識・技術、論理的・批判的思考力、表現力(発表・討論・対話)、問題発見解決力

### 予め履修が望ましい科目

この授業は「応用電子論」の続きの授業である。

This lesson is a continuation of "Applied Electron Theory".

### 発展科目

大学院では「固体物理特論」、「固体物理演習」、「極限物性特論」、「極限物性演習」、「量子応用特論」としてさらに詳しく学ぶ。

At graduate school, students will learn more in detail as "Solid State Physics", "Seminar in Solid State Physics", "Physics of Extreme Materials", "Applied Quantum Mechanics", and "Solid State Physics under Extreme Environment".

### 教科書

「初歩から学ぶ 固体物理学」 矢口裕之著 講談社ISBN 978-4-06-153294-6

(応用電子論と教科書は同じです)

### 参考書

数多くの固体物理関連の教科書があるが、入門書としては「固体物性入門 例題・演習と詳しい解答で理解する」(沼居貴陽著、森北出版)や「材料科学3」(C.R.バレット他著、培風館、絶版?)がよい。

また高度だが良い参考書として、「熱物理学」キッテル著、丸善がある。

また量子情報については、「量子コンピューター入門」(宮野健次郎、古澤明著、日本評論社)をお勧めする。

この他にも、

したしむ固体構造論 (したしむ理工学) 志村史夫著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

したしむ電子物性 (したしむ理工学) 志村史夫著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

したしむ表面物理 (したしむ理工学) 志村史夫著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

したしむ磁性 (したしむ理工学) 小林久理真 著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

多体問題一電子ガスモデルからのアプローチ (朝倉物理学大系9) 高田康民著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

多体問題特論一第一原理からの多電子問題一 (朝倉物理学大系15) 高田康民著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

納得しながら電子物性 (納得しながら学べる物理シリーズ4) (※) 岸野正剛著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

を挙げる。

### 成績評価方法と基準

レポート: p点 (15点)、Moodle小テスト: q点 (10点)、期末試験: r点 (75点) の

p+q+rの点を総合的に評価する。

60点以上を合格とする。

Report: p point (15 points), Moodle quiz: q point (10 points), final exam: r point (75 points)

The point of p + q + r is comprehensively evaluated.

A score of 60 or more is considered acceptable.

### オフィスアワー

毎週月曜日12:20~14:30に機械棟2階小竹教員室にて対応する。  
電子メールによる質問を歓迎する。

Every Monday from 12:20 to 14:30, I will respond in the Kotake teacher's room on the second floor of the machine building. I welcome e-mail questions.

### 授業改善への工夫

- ・毎回、授業前にレジュメを配り、その日の授業のまとめや課題を示す。休んだ学生の便宜をはかるために、レジュメをMoodleで提供する。
- ・授業の板書を書画カメラを用いることで記録し、Moodleで学生に提供する。これにより受講生の復習をしやすいとする。
- ・授業後にMoodleで小テストを行い、理解の定着を図る。
- ・質問や連絡をMoodleでおこない、受講生全体に行き渡るようにする。
- ・ Every time, a resume will be given out before class, and a sum-

mary of the class and tasks for that day will be shown. Resumes are provided in Moodle for the convenience of students who are absent.

・ The class board is recorded by using a document camera and provided to students by Moodle. This makes it easier for students to review.

- ・ After the class, a quiz will be conducted with Moodle to establish understanding.
- ・ Make questions and communication with Moodle so that they can reach all students.

### その他

- ・ 講義の連絡はMoodleを通じて連絡しますので、登録を御願ひします。
- ・ レジュメは、Moodle内にpdfの形で置いてあります。なくした人は取って行ってください。
- ・ Lectures will be communicated through Moodle, so please register.
- ・ The resume is in pdf format in Moodle. If you lose, please take it away.

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

ダイオード, トランジスター, レーザー, 半導体の光学的性質, 誘電体, 磁性体, ボーズアインシュタイン凝集, 超流動と超伝導, トンネル効果, 全反射, 無線電力転送, 材料の力学物性, 分析機器, 量子アルゴリズムと量子コンピューター, 人工知能

### Keywords

diodes, transistors, lasers, semiconductor optical properties, dielectrics, magnetics, Bose-Einstein aggregation, superfluidity and superconductivity, tunnel effect, total reflection, wireless power transfer, mechanical properties of materials, analytical instruments, quantum algorithms and computers, artificial intelligence

### 学習内容

第1回講義 「ダイオード」と「トランジスター」

ダイオード

p-n 接合⇒ダイオード

ダイオードの電気的特性

ダイオードの等価回路

整流回路と直流電源

太陽電池

バイポーラトランジスター

バイポーラトランジスターの構造

ベース, エミッター, コレクター

n-p-n トランジスター, p-n-p トランジスター

バイポーラトランジスターの静特性曲線

バイポーラトランジスターの動作領域と飽和領域

増幅回路

電界効果トランジスター

LSI 製造技術

Lecture 1: "diode" and "transistor"

diode

p-n junction ⇒ diode

Electrical characteristics of diode

Diode equivalent circuit

Rectifier circuit and DC power supply

Solar cell

Bipolar transistor

Bipolar transistor structure

Base, emitter, collector

n-p-n transistor, p-n-p transistor

Static characteristic curve of bipolar transistor

Operating and saturation regions of bipolar transistors

Amplifier circuit

Field effect transistor

LSI manufacturing technology

第2回講義 半導体の光学的性質, レーザー

フォトン (光子) とフォノン (音子) のエネルギーと運動量

電子遷移の選択律

半導体のバンド構造における電子状態の遷移と光の相互作用

直接遷移型半導体

間接遷移型半導体

2準位間の電子状態の変化による光の放出と吸収

アインシュタインの自然放射遷移確率

アインシュタインの誘導吸収遷移確率

アインシュタインの誘導放射遷移確率

誘導放出=レーザーの原理 (その1)

反転分布=レーザーの原理 (その2)

通常光とは?

レーザーの特徴

半導体レーザー

Lecture 2: Optical properties of semiconductors, laser

Energy and momentum of photons (photons) and phonons (phonons)

Electronic transition selection

Electronic state transitions and light interactions in semiconductor band structures.

Direct transition semiconductor

Indirect transition semiconductor

Emission and absorption of light due to changes in electronic state between two levels

Einstein's spontaneous emission transition probability

Einstein's induced absorption transition probability

Einstein stimulated radiation transition probability

Stimulated emission = Laser principle (Part 1)

Inversion distribution = Laser principle (Part 2)

What is normal light?

Laser features

Semiconductor laser

第3回講義 誘電体

誘電体に見られる特殊な物性

MKSA 単位系における電磁場の単位

コンデンサーのマクロな物性

物質内部の様々な誘電分極

反分極因子

ローレンツの局所電場

強誘電体

圧電体の用途

焦電体の用途

Lecture 3: Dielectric

Special physical properties found in dielectrics	無線電力転送
Unit of electromagnetic field in MKSA unit system	STM
Macro properties of condenser	Lecture 6: "Tunnel effect", "Total reflection", "Wireless power transfer"
Various dielectric polarizations inside materials	Tunnel phenomenon
Anti-polarization factor	Total reflection
Lorentz local electric field	Wireless power transfer
Ferroelectric	STM
Applications of piezoelectric body	第7回講義 材料の力学物性
Pyroelectric applications	破壊力学
第4回講義 磁性体	転位論
磁性体のマクロな物性	弾性
物質内部の様々な磁気モーメント	塑性
磁性体の分類	擬弾性
強磁性体	応力誘起マルテンサイト
強磁性体の磁化 (M) の温度による変化	形状記憶合金
磁区と磁壁	Lecture 7: Mechanical properties of materials
強磁性体の磁化曲線	Fracture mechanics
反磁界係数	Dislocation theory
結晶磁気異方性	Elasticity
軟磁性体	Plasticity
硬磁性体	Pseudoelasticity
磁場センサー	Stress-induced martensite
Lecture 4: Magnetic Materials	Shape memory alloy
Macro physical properties of magnetic material	第8回講義 分析機器
Various magnetic moments inside matter	X線回折装置
Classification of magnetic material	EPMA
Ferromagnetic material	XPS
Change of magnetization (M) of ferromagnetic material with temperature	示差熱分析
Domains and domain walls	IR spectra
Magnetization curve of ferromagnet	Raman spectra
Demagnetizing factor	NMR
Crystal magnetic anisotropy	MRS
Soft magnetic material	SPM
Hard magnetic material	Lecture 8: Analysis equipment
Magnetic field sensor	X-ray diffractometer
第5回講義 「ボーズアインシュタイン凝集」と「超流動と超伝導」	EPMA
冬の窓に付く水滴＝水蒸気の凝集	XPS
2つの量子粒子と古典粒子	Differential thermal analysis
ボーズ粒子の分布関数	IR spectra
4He 原子の運動量とエネルギー	Raman spectra
4He 原子におけるボーズアインシュタイン凝集	NMR
超流動	MRS
クーパー対のボーズアインシュタイン凝集	SPM
超伝導	第9回講義 「量子アルゴリズムと量子コンピューター」
第1種超伝導と第2種超伝導	光は波動でありかつ粒子である＝量子
マイスナー効果	量子の不思議：量子粒子と古典粒子の違い
ジョセフソン効果	量子計算とは何か？
超伝導量子干渉素子 SQUID	量子アルゴリズムを光学回路で理解する
Lecture 5: "Bose-Einstein Coagulation" and "Superfluidity and Superconductivity"	Lecture 9: "Quantum algorithms and quantum computers"
Water droplets on winter windows = water vapor condensation	Light is a wave and a particle = quantum
Two quantum particles and classical particles	The wonder of quantum: the difference between quantum particles and classical particles
Bose particle distribution function	What is quantum computation?
4He atomic momentum and energy	Understanding quantum algorithms with optical circuits
Bose-Einstein aggregation in 4He atoms	第10回講義 「量子アルゴリズムと量子コンピューター」の続き
Superfluid	Deutch-Josza のアルゴリズム
Bose-Einstein agglomeration of Cooper pairs	Grover の量子検索アルゴリズム
Superconductivity	Grover のアルゴリズムの先端技術への応用
Type 1 superconductivity and type 2 superconductivity	人工知能
Meissner effect	深層学習
Josephson effect	Lecture 10: "Quantum Algorithms and Quantum Computers"
Superconducting quantum interference device SQUID	Deutch-Josza algorithm
第6回講義 「トンネル効果」と「全反射」, 「無線電力転送」	Grover's quantum search algorithm
トンネル現象	Applying Grover's algorithm to advanced technology
全反射	Artificial intelligence
	Deep learning

第11回講義 全体のまとめと復習  
レポートの回答  
Lecture 11: Summary and Review  
Report Answer  
第12回 定期試験  
Regular Exam

**学習課題（予習・復習）**

事前学修：特に必要はありません。

事後学修：Moodleの小テストに回答ください。  
Moodleに掲げた板書ノートを参考に、各自の授業ノートを完成ください。  
レジュメの最後に記されているレポート課題を解いてください。  
Pre-learning: No special requirements.  
Subsequent study: Please answer the quiz of Moodle.  
Please complete your own class notebook with reference to the notebook on Moodle.  
Complete the report assignment at the end of the resume.

## 授業の概要

工学において、実際の材料がもつ様々な性質を理解することは、大変重要である。物の性質(物性)がどのように決まっているのか、材料によってどのように違うかを理解することは、機械エンジニアが適切な設計を行う上でも、機械の性能を理解するうえでも必須の知識となる。本講義では、様々な物の性質を取り上げ、量子力学、電子論や統計力学、熱力学、電磁気学を背景とした物性論の理解を通して、それらの概要を講義する。基本的には式を追うだけの授業はせず、基本的な性質がどのような仕組みから発現するかを定性的な説明に心がけたい。

In engineering, it is very important to understand the various properties of real materials. Understanding how the properties (physical properties) of a matter are determined and how it differs depending on the material is essential knowledge for a mechanical engineer to properly design and understand machine performance. It becomes. In this lecture, we will take up the properties of various objects and give an overview of them through an understanding of physical properties in the background of quantum mechanics, electron theory, statistical mechanics, thermodynamics, and electromagnetics. Basically, I don't want to teach only the ceremony, but try to give a qualitative explanation of how the basic properties emerge.

## 学習の目的

量子力学、電子論の理解が深まり、固体物理学を学ぶ基礎的能力が身に付く。

The understanding of quantum mechanics and electron theory deepens, and the basic ability to learn solid state physics is acquired.

## 学習の到達目標

- ・結晶構造を理解できる。
- ・イオン結合、共有結合、金属結合など、物質の結合様式が理解できる。
- ・固体内部の電子構造として、自由電子モデルやフェルミ面が理解できる。
- ・結晶による波の回折である固体のバンド構造やX線回折が理解できる。
- ・半導体のバンド構造や真性半導体、不純物半導体が理解できる。
- ・金属や半導体の電気伝導度が理解できる。
- ・固体の界面や表面の物性である、p-n接合が理解できる。
- ・熱現象をフォノンのk空間での分布から理解できる。
- ・黒体放射をフォノンのk空間での分布から理解できる。
- ・ Understand the crystal structure.
- ・ Understand the bonding modes of substances such as ionic bonds, covalent bonds, and metal bonds.
- ・ Understand the free electron model and Fermi surface as the electronic structure inside the solid.
- ・ Understand the band structure and X-ray diffraction of solids, which are diffractions of waves by crystals.
- ・ Understand the band structure of semiconductors, intrinsic semiconductors, and impurity semiconductors.
- ・ Understand the electrical conductivity of metals and semiconductors.
- ・ Understand the physical properties of the solid interface and surface, such as p-n junction.
- ・ Understand thermal phenomena from the distribution of phonons in k-space.
- ・ Blackbody radiation can be understood from the distribution of photons in k-space.

**本学教育目標との関連** 感性, 主体性, 幅広い教養, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 表現力(発表・討論・対話), 問題発見解決力

## 予め履修が望ましい科目

この授業は「量子力学」の知識の上に実際の物質の性質を議論し、固体物理の分野に発展させる。

This class discusses the properties of actual materials based on the knowledge of "quantum mechanics".

## 発展科目

学部では、「応用量子論」で、大学院では「固体物理特論」、「固体物理演習」、「量子応用特論」、「極限物性特論」、「極限物性演習」としてさらに詳しく学ぶ。

In undergraduate courses, students study "Applied Quantum Mechanics", and in graduate schools they study "Solid State Physics", "Seminar in Solid State Physics", "Physics of Extreme Materials", and "Solid State Physics under Extreme Environment".

## 教科書

「初歩から学ぶ 固体物理学」 矢口裕之著 講談社ISBN 978-4-06-153294-6

後期の「応用量子論」でも、同じ教科書を使います。

## 参考書

数多くの固体物理関連の教科書があるが、入門書としては「固体物性入門 例題・演習と詳しい解答で理解する」(沼居貴陽著、森北出版)や

「材料科学3」(C.R.バレット他著、培風館、絶版?)がよい。

また高度だが良い参考書として、

「固体物理学入門(上)および(下)」(キッテル著、丸善)

「熱物理学」キッテル著、丸善がある。

この他にも、

したしむ固体構造論(したしむ物理工学) 志村史夫著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

したしむ電子物性(したしむ物理工学) 志村史夫著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

したしむ表面物理(したしむ物理工学) 志村史夫著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

したしむ磁性(したしむ物理工学) 小林久理真著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

多体問題一電子ガス模型からのアプローチ(朝倉物理学大系9) 高田康民著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

多体問題特論一第一原理からの多電子問題一(朝倉物理学大系15) 高田康民著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

納得しながら電子物性(納得しながら学べる物理シリーズ4) (※)岸野正剛著 朝倉書店 (Maruzen eBook Library)

を挙げる。

## 成績評価方法と基準

レポート:p点(15点)、Moodle小テスト:q点(10点)、期末試験:r点(75点)の

p+q+rの点を総合的に評価する。

60点以上を合格とする。

Report: p point (15 points), Moodle quiz: q point (10 points), final exam: r point (75 points)

The point of p + q + r is comprehensively evaluated.

A score of 60 or more is considered acceptable.

## オフィスアワー

毎週月曜日12:20~14:30に機械棟2階小竹教員室にて対応する。電子メールによる質問を歓迎する。

Every Monday from 12:20 to 14:30, I will respond in the Kotake teacher's room on the second floor of the machine building. I welcome e-mail questions.

## 授業改善への工夫

・毎回、授業前にレジュメを配り、その日の授業のまとめや課題を



示す。休んだ学生の便宜をはかるために、レジュメをMoodleで提供する。

- ・授業の板書を書画カメラを用いることで記録し、Moodleで学生に提供する。これにより受講生の復習をしやすいとする。
- ・授業後にMoodleで小テストを行い、理解の定着を図る。
- ・質問や連絡をMoodleでおこない、受講生全体に行き渡るようにする。
- ・ Every time, a resume will be given out before class, and a summary of the class and tasks for that day will be shown. Resumes are provided in Moodle for the convenience of students who are absent.
- ・ The class board is recorded by using a document camera and provided to students by Moodle. This makes it easier for students to review.

- ・ After the class, a quiz will be conducted with Moodle to establish understanding.
- ・ Make questions and communication with Moodle so that they can reach all students.

#### その他

- ・ 講義の連絡はMoodleを通じて連絡しますので、登録を御願ひします。
- ・ レジュメは、Moodle内にpdfの形で置いてあります。なくした人は取って行ってください。
- ・ Lectures will be communicated through Moodle, so please register.
- ・ The resume is in pdf format in Moodle. If you lose, please take it away.

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

物質の理解の歴史，結晶格子，結晶面とX線回折，結晶の結合力，自由電子論，準自由電子論，バンドギャップとバンド構造，有限温度での量子粒子の分布，金属と半導体の電気伝導度，不純物半導体，電子デバイス，フォノン，熱物性，黒体輻射，熱伝導

### Keywords

history of understanding of materials, crystal lattice, crystal plane and X-ray diffraction, crystal binding force, free electron theory, semi-free electron theory, band gap and band structure, distribution of quantum particles at finite temperature, electrical conductivity of metals and semiconductors, impurity semiconductors, electronic devices, phonons, thermophysical properties, blackbody radiation, heat conduction

### 学習内容

第1回講義 「物質の理解の歴史」  
理性の曙＝ギリシャ時代  
宗教の時代＝中世  
科学の誕生＝ルネサンス、近代  
科学の発展、産業化＝近代  
周期律の発見  
電子の発見  
原子の大きさの測定  
原子核の発見  
ボーアの原子模型  
Lecture 1: "History of Understanding Materials"  
Akebono of reason = Greek era  
Age of religion = medieval  
The birth of science = Renaissance, early modern times  
Scientific development, industrialization = modern  
Discovery of periodic law  
Electron discovery  
Atom size measurement  
Nuclear discovery  
Bohr's atomic model  
第2回講義 「固体内部の舞台：色々な結晶」  
結晶格子  
単位格子の格子定数  
ブラーベ格子 7種類の結晶系  
結晶構造・空間群：230種類  
最小単位格子  
最密格子  
結晶内の方向と面方位  
Lecture 2: "Stage inside the solid: various crystals"  
Crystal lattice  
Unit cell lattice constant  
Brave lattice 7 types of crystal systems  
Crystal structure /space group: 230 types

Minimum unit cell  
Closest grid  
Direction and plane orientation in crystal  
第3回講義 「結晶面とX線回折」  
X線とは  
結晶とX線（光）の相互作用：X線回折  
ブラッグの回折条件  
X線の波数ベクトル  
ブラッグの回折条件  
回折面のGベクトルと回折点の位置：ラウエの回折条件  
Lecture 3: "Crystal plane and X-ray diffraction"  
What is X-ray  
Interaction between crystal and X-ray (light): X-ray diffraction  
Bragg diffraction conditions  
X-ray wave number vector  
Bragg diffraction conditions  
G vector of diffraction surface and diffraction point position: Laue diffraction conditions  
第4回講義 「結晶面とX線回折」の続き  
エバルトの作図法  
基本並進ベクトル  
逆格子ベクトル  
Gベクトルの逆格子ベクトル表示  
Lecture 4: "Crystal plane and X-ray diffraction" Continued  
Ewald's construction method  
Basic translation vector  
Reciprocal lattice vector  
Display reciprocal lattice vector of G vector  
第5回講義 「結晶の結合力」，「固体内の電子：自由電子論」  
原子の電子軌道  
自然界の4つの力  
原子の電子軌道を決めるもの  
結晶の結合力の種類  
イオン結合  
金属結合  
共有結合  
原子間ポテンシャル：物質の結合を表現する手法  
固体内部の電子論  
波数空間  
フェルミ電子とフェルミ球とフェルミエネルギー  
Lecture 5: "Binding force of crystals", "Electrons in solids: Free electron theory"  
Atomic electron orbit  
The four forces of nature  
What determines the electron orbit of an atom  
Types of crystal bonding force  
Ionic bond  
Metal bonding  
Covalent bond  
Interatomic potential: A method for expressing the bond of matter  
Electron theory inside solids

Wave number space  
Fermi electron, Fermi sphere and Fermi energy  
第6回講義 「準自由電子論：バンドギャップとバンド構造」  
バンドギャップとバンド構造  
固体内部の自由電子の結晶格子による回折  
ブリルアン・ゾーン・バウンダリー  
固体中のバンド構造とバンドギャップ  
単純立方格子の第1ブリルアン・ゾーン・バウンダリー  
価電子数  
Lecture 6: "Semi-free electron theory: band gap and band structure"  
Band gap and band structure  
Diffraction of free electrons inside a solid by a crystal lattice.  
Brillouin Zone Boundary  
Band structure and band gap in solids  
1st Brillouin zone boundary of simple cubic lattice  
Valence electrons  
第7回講義 「有限温度での量子粒子の分布」  
有限温度における粒子の分布  
2つの量子粒子と古典粒子  
フェルミ粒子とボーズ粒子と古典粒子の場合の数  
温度とは何か？  
Lecture 7: "Distribution of quantum particles at finite temperature"  
Particle distribution at finite temperature  
Two quantum particles and classical particles  
Fermion, Bose, and classical particle numbers  
What is temperature?  
第8回講義 「金属と半導体の電気伝導度」  
電気伝導度（電気抵抗）  
金属・半導体・絶縁体による電気伝導度の違い  
バンド中で電気伝導に関与する電子  
電気伝導度の違いを生む要因  
状態密度  
金属と半導体・絶縁体  
金属と半導体・絶縁体の電気伝導度の違い  
半導体と絶縁体の違い  
電流に寄与する電子の数 (nc) の温度による変化  
電子の平均速度の温度による変化  
様々な電子の散乱要因  
Lecture 8: "Electrical Conductivity of Metals and Semiconductors"  
Electric conductivity (electric resistance)  
Difference in electrical conductivity between metals, semiconductors and insulators  
Electrons participating in electrical conduction in the band  
Factors that create differences in electrical conductivity  
Density of states  
Metals, semiconductors and insulators  
Difference in electrical conductivity between metal and semiconductor /insulator  
Difference between semiconductor and insulator  
Change in the number of electrons contributing to current (nc) with temperature  
Change in average electron velocity with temperature  
Various electron scattering factors  
第9回講義 「不純物半導体の電子モデル」  
半導体とは  
半導体の種類(その1)  
半導体の種類(その2)  
半導体の電気伝導  
電子の有効質量とキャリア移動度  
半導体の結晶構造とバンドギャップ  
真性半導体のキャリアー  
不純物半導体 (p型半導体, n型半導体)  
不純物半導体の不純物準位  
不純物半導体のフェルミ準位とキャリアー  
電気的中性条件  
不純物濃度が真性半導体のキャリアー濃度よりも大きいとき  
電気伝導度の温度依存性  
Lecture 9: "Electron Model of Impurity Semiconductors"  
What is a semiconductor?  
Types of semiconductors (Part 1)  
Types of semiconductors (part 2)  
Semiconductor electrical conduction  
Effective electron mass and carrier mobility  
Semiconductor crystal structure and band gap  
Intrinsic semiconductor carriers  
Impurity semiconductor (p-type semiconductor, n-type semiconductor)  
Impurity level of impurity semiconductor  
Fermi levels and carriers in impurity semiconductors.  
Electrical neutral condition  
When the impurity concentration is higher than the carrier concentration of the intrinsic semiconductor  
Temperature dependence of electrical conductivity  
第10回講義 電子デバイス  
p-n 接合 ダイオード  
p-n-p 接合 (n-p-n 接合) トランジスター  
Lecture 10: Electronic Devices  
p-n junction diode  
p-n-p junction (n-p-n junction) transistors  
第11回講義 「フォノンとその分布の温度による変化」  
固体のバネモデル  
フォノン  
フォノン=ボーズ粒子  
振動と熱（マクロな現象）とフォノン  
フォノンの分散関係  
固体が2種類以上の原子からなる場合  
フォノンの種類  
フォノンの分布  
フォノンのボーズ・アインシュタイン分布  
Lecture 11: "Phonons and their distribution with temperature"  
Solid spring model  
Phonon  
Phonon-Bose particle  
Vibration, heat (macro phenomena) and phonons  
Phonon dispersion relation  
When the solid consists of two or more types of atoms  
Phonon types  
Phonon distribution  
Phonon Bose-Einstein distribution  
第12回講義 「熱物性」  
一定温度下でのフォノンの分布  
熱現象におけるフォノンの状態⇒デバイモデル  
フォノンの全エネルギー  
フォノンの波数状態密度  
フォノンの定積比熱  
各温度でのフォノンの状態分布と比熱  
各物質のデバイ温度  
電子の温度変化  
フォノンの圧力と熱応力  
熱膨張係数  
Lecture 12: "Thermophysical Properties"  
Phonon distribution at constant temperature  
Phonon state in thermal phenomena ⇒ Debye model  
Phonon total energy  
Phonon wavenumber density of states  
Phonon constant heat capacity  
Phonon state distribution and specific heat at each temperature  
Debye temperature of each substance  
Electron temperature change  
Phonon pressure and thermal stress  
Thermal expansion coefficient  
第13回講義 「黒体放射」  
一定温度下での光の分布

光の波長の量子粒子=フォトン (光子)  
光子=ボーズ粒子  
レーザーと白色光 (熱由来の光)  
光子の分散関係  
光子の分布  
空洞内における波長の分布⇒黒体輻射  
黒体  
空洞内における光子の状態⇒プランクの黒体輻射モデル  
光子の波数状態密度  
光子のエネルギー状態密度  
黒体輻射の全エネルギー  
波長λの光子のエネルギー強度  
ウイーンの変位則  
Lecture 13: "Blackbody radiation"  
Light distribution at constant temperature  
Quantum particle of light wave = photon (photon)  
Photon = Bose particle  
Laser and white light (heat-derived light)  
Photon dispersion relation  
Photon distribution  
Distribution of wavelength in cavity ⇒ Blackbody radiation  
Black body  
Photon state in cavity ⇒ Planck's blackbody radiation model  
Photon wavenumber density of states  
Photon energy density of states  
Total energy of blackbody radiation  
Energy intensity of photon of wavelength λ

Vienna's displacement law  
第14回講義 「熱伝導」  
固体熱伝導  
放射熱伝導  
気体熱伝導  
Lecture 14: "Heat conduction"  
Solid heat conduction  
Radiant heat conduction  
Gas heat conduction  
第15回講義 全体のまとめと復習  
レポートの回答  
Lecture 15: Summary and Review  
Report Answer  
第16回 定期試験  
Regular Exam

#### 学習課題 (予習・復習)

事前学修：特に必要はありません。  
事後学修：Moodleの小テストに回答ください。  
Moodleに掲げた板書ノートを参考に、各自の授業ノートを完成く  
ださい。  
レジュメの最後に記されているレポート課題を解いてください。  
Pre-learning: No special requirements.  
Subsequent study: Please answer the quiz of Moodle.  
Please complete your own class notebook with reference to the  
notebook on Moodle.  
Complete the report assignment at the end of the resume.

### 授業の概要

機械工学のエンジニアが最も専門とする物理に力学があります。三重大学の機械工学科では、基礎物理学1で質点系の物理を、力学で剛体系の物理を学んできましたが、最後に、この解析力学を学ぶことで、これらの統合的な理解へと進みます。解析力学は、従来の力による運動方程式とは違い、エネルギーによる力学の理解を与えます。この手法を使うことで、複雑な多体系の運動方程式が、簡単に導出できることに驚くことでしょう。また解析力学を知ることで、その先に発展した量子力学の深い理解が得られるでしょう。

本講義では、工学系のエンジニアに必要な、様々な具体例を解くことを中心に授業を進めますが、その中で、変分法、最小作用の原理、オイラー・ラグランジュの方程式、ハミルトンの正準方程式、正準変換、対称性と保存則、ラグランジュ未定係数法、ポアソン括弧式等の概念についても説明したいと思います。さらに時間が許せば、特殊相対性理論や電磁気学にも触れ、電磁場中の粒子のラグランジアンについても理解を深めます。さらに時間が許せば、経路積分にも触れ、古典力学と量子力学の関係、Schrodinger方程式の導出についても言及します。

基本的に具体的な演習を中心に授業を進めますので、解析力学を使いこなす訓練(演習)の場として、気軽に受講ください。

The physics most specialized by mechanical engineering engineers is dynamics. In the Department of Mechanical Engineering at Mie University, we have studied the physics of mass systems in basic physics 1 and the physics of rigid systems in mechanics. will go forward. Analytic mechanics, unlike the traditional equation of motion with force, gives an understanding of dynamics with energy. You will be surprised at how easily you can derive complex equations of motion using this method. Also, knowing analytical mechanics will give you a deeper understanding of quantum mechanics that has evolved.

In this lecture, we will focus on solving various concrete examples required for engineering engineers. Among them, variational method, principle of minimum action, Euler-Lagrange equation, Hamilton's positive I will also explain concepts such as quasi-equations, canonical transformations, symmetry and conservation laws, Lagrange's undetermined coefficient method, and Poisson bracket expressions. If time allows, I will also go into special relativity and electromagnetics, and deepen my understanding of the Lagrangian of particles in electromagnetic fields. If time permits, I will also mention the path integral, the relation between classical mechanics and quantum mechanics, and the derivation of the Schrodinger equation.

Basically, lessons will be conducted mainly on specific exercises, so please feel free to take a place as a training (exercise) place to master analytical mechanics.

### 学習の目的

- ・変分法を理解できる。
- ・最小作用の原理を理解できる。
- ・多体系のラグランジアンを求め、オイラー・ラグランジュの方程式を導出できる。
- ・多体系のハミルトニアンを求め、正準方程式を導出できる。
- ・異なるパラメーター間の正準変換ができる。
- ・対称性から保存則が分かる。
- ・特殊相対性理論が分かる。
- ・電磁場中の粒子のラグランジアンを求め、オイラー・ラグランジュの方程式を導出できる。
- ・経路積分、ポアソン括弧式から、古典力学と量子力学の関係が理解できる。
- ・ Understand variational methods.
- ・ Understand the principle of minimum action.
- ・ Determine the Lagrangian of many systems and derive Euler-

Lagrange equations.

- ・ Determine the Hamiltonian of many systems and derive canonical equations.
- ・ Canonical conversion between different parameters.
- ・ Symmetry shows the conservation law.
- ・ Understand special relativity.
- ・ Determine the Lagrangian of particles in an electromagnetic field and derive Euler-Lagrange equation.
- ・ The relationship between classical mechanics and quantum mechanics can be understood from the path integral and Poisson bracket expressions.

### 学習の到達目標

- ・変分法を理解できる。
- ・最小作用の原理を理解できる。
- ・多体系のラグランジアンを求め、オイラー・ラグランジュの方程式を導出できる。
- ・多体系のハミルトニアンを求め、正準方程式を導出できる。
- ・異なるパラメーター間の正準変換ができる。
- ・対称性から保存則が分かる。
- ・特殊相対性理論が分かる。
- ・電磁場中の粒子のラグランジアンを求め、オイラー・ラグランジュの方程式を導出できる。
- ・経路積分、ポアソン括弧式から、古典力学と量子力学の関係が理解できる。
- ・ Understand variational methods.
- ・ Understand the principle of minimum action.
- ・ Determine the Lagrangian of many systems and derive Euler-Lagrange equations.
- ・ Determine the Hamiltonian of many systems and derive canonical equations.
- ・ Canonical conversion between different parameters.
- ・ Symmetry shows the conservation law.
- ・ Understand special relativity.
- ・ Determine the Lagrangian of particles in an electromagnetic field and derive Euler-Lagrange equation.
- ・ The relationship between classical mechanics and quantum mechanics can be understood from the path integral and Poisson bracket expressions.

**本学教育目標との関連** 感性、幅広い教養、専門知識・技術、論理的・批判的思考力、表現力(発表・討論・対話)、問題発見解決力

### 予め履修が望ましい科目

基礎物理学1, 力学を受講していることが望ましい。

It is recommended that you take Basic Physics 1 and Mechanics.

### 発展科目

振動工学, 制御工学, 量子力学, 応用電子論, 応用量子論, 固体物理学特論, 固体物理学演習

Vibration engineering, Control engineering, Quantum mechanics, Applied Electron Theory, Applied Quantum Mechanics, Solid State Physics, Seminar in Solid State Physics

**教科書** 「工学系のための解析力学」 河辺哲次著 裳華房 ISBN 978-4-7853-2240-3

### 参考書

「よくわかる解析力学」 前野昌弘著 東京図書 ISBN 978-4-489-02162-6

「解析力学」(裳華房フィジックスライブラリー) 久保謙一 裳華房 ISBN: 978-4-785-32205-2

「ロボットと解析力学」 有本卓, 田原健二著 コロナ社 ISBN 978-4-339-04521-5

### 成績評価方法と基準

レポート：p点（15点）、Moodle小テスト：q点（10点）、期末試験：r点（75点）の  
p+q+rの点を総合的に評価する。  
60点以上を合格とする。  
Report: p point (15 points), Moodle quiz: q point (10 points), final exam: r point (75 points)  
The point of p + q + r is comprehensively evaluated.  
A score of 60 or more is considered acceptable.

### オフィスアワー

毎週月曜日12：20～14：30に機械棟2階小竹教員室にて対応する。  
電子メールによる質問を歓迎する。  
Every Monday from 12:20 to 14:30, I will respond in the Kotake teacher's room on the second floor of the machine building. I welcome e-mail questions.

### 授業改善への工夫

- ・ 毎回、授業前にレジュメを配り、その日の授業のまとめや課題を示す。休んだ学生の便宜をはかるために、レジュメをMoodleで提供する。
- ・ 授業の板書を書画カメラを用いることで記録し、Moodleで学生に提供する。これにより受講生の復習をしやすいとする。
- ・ 授業後にMoodleで小テストを行い、理解の定着を図る。

- ・ 質問や連絡をMoodleでおこない、受講生全体に行き渡るようにする。
- ・ Every time, a resume will be given out before class, and a summary of the class and tasks for that day will be shown. Resumes are provided in Moodle for the convenience of students who are absent.
- ・ The class board is recorded by using a document camera and provided to students by Moodle. This makes it easier for students to review.
- ・ After the class, a quiz will be conducted with Moodle to establish understanding.
- ・ Make questions and communication with Moodle so that they can reach all students.

### その他

- ・ 講義の連絡はMoodleを通じて連絡しますので、登録を御願ひします。
- ・ レジュメは、Moodle内にpdfの形で置いてあります。なくした人は取って行ってください。
- ・ Lectures will be communicated through Moodle, so please register.
- ・ The resume is in pdf format in Moodle. If you lose, please take it away.

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

ニュートン力学、オイラー・ラグランジュの運動方程式、変分法と最小作用原理、対称性と保存則、ハミルトンの運動方程式、正準方程式、連成振動、規準座標、規準振動、リウヴィルの定理、正準変換、ポアソン括弧式、非保存系における解析力学、束縛運動とラグランジュの未定乗数法、経路積分、Schrodinger方程式、正準量子化、特殊相対性理論、電磁場下での粒子のラグランジアン

### Keywords

Newtonian mechanics, Euler-Lagrange equation of motion, variational method and least action principle, symmetry and conservation law, Hamilton's equation of motion, canonical equation, coupled oscillation, reference coordinates, reference oscillation, Liouville's theorem, canonical transformation, Poisson bracket expression, analytical mechanics in nonconservative systems, bounded motion and Lagrange's undetermined multiplier method, path integral, Schrodinger equation, canonical quantization, special relativity, Lagrangian of particles under electromagnetic field

### 学習内容

第1回講義 ニュートン力学  
ニュートンの運動方程式  
質点の運動方程式  
剛体の運動方程式  
簡単な運動 自由落下・調和振動・物体と滑車  
ニュートンの運動方程式の制約  
運動方程式のベクトル表現  
なぜ解析力学を学ぶのだろうか  
解析力学の2つの形式 ラグランジュ形式とハミルトン形式  
Lecture 1: Newtonian mechanics  
Newton's equation of motion  
Mass equation of motion  
Equation of motion of a rigid body  
Simple movement: free fall, harmonic vibration, object and pulley  
Newton's equation of motion constraints  
Vector representation of equation of motion  
Why learn analytical mechanics?  
Two forms of analytical mechanics: Lagrange form and Hamilton form

第2回講義 ラグランジュ形式の基礎  
簡単な運動 自由落下・調和振動・物体と滑車  
自由度と一般座標  
自由度  
一般座標  
オイラー・ラグランジュの運動方程式  
運動方程式の導出  
循環座標と保存則  
保存力  
一般力  
一般力と仕事  
減衰力と散逸関数  
Lecture 2: Basics of Lagrange style  
Simple movement: free fall, harmonic vibration, object and pulley  
Degrees of freedom and general coordinates  
Degree of freedom  
General coordinates  
Euler-Lagrange equation of motion  
Derivation of equation of motion  
Circular coordinates and conservation laws  
Conservation power  
General strength  
General power and work  
Damping force and dissipation function  
第3回講義 変分法と最小作用原理  
光におけるフェルマーの原理  
停留値問題  
力学における最小作用原理（ハミルトンの原理）  
最小作用原理とオイラー・ラグランジュの運動方程式  
簡単な運動 自由落下・調和振動・物体と滑車  
対称性と保存則  
Lecture 3: Variational method and principle of least action  
Fermat's principle in light  
Stationary value problem  
Minimum action principle in mechanics (Hamilton's principle)  
Minimum action principle and Euler-Lagrange equation of motion  
Simple movement: free fall, harmonic vibration, object and pulley  
Symmetry and conservation laws  
第4回講義 力学問題へのアプローチ（その1）  
斜面を転がる物体  
ロボットアームの力学  
クレーンの運動

ニュートンの運動方程式で解く場合  
 オイラー・ラグランジュの運動方程式で解く場合  
 Lecture 4: Approach to Mechanics Problems (Part 1)  
 An object rolling on a slope  
 Robot arm dynamics  
 Crane motion  
 Solving with Newton's equation of motion  
 Solving with Euler-Lagrange equation of motion  
 第5回講義 力学問題へのアプローチ (その2)  
 単振り子  
 球面振り子  
 長さの変わる振り子  
 剛体振り子  
 惑星の運動  
 ニュートンの運動方程式で解く場合  
 オイラー・ラグランジュの運動方程式で解く場合  
 Lecture 5: Approach to Mechanics Problems (Part 2)  
 Simple pendulum  
 Spherical pendulum  
 Pendulum of variable length  
 Rigid pendulum  
 Planetary motion  
 Solving with Newton's equation of motion  
 Solving with Euler-Lagrange equation of motion  
 第6回講義 力学問題へのアプローチ (その3)  
 いろいろな自由度系の振動  
 連成振動  
 ビルの揺れ  
 規準座標  
 規準振動  
 ニュートンの運動方程式で解く場合  
 オイラー・ラグランジュの運動方程式で解く場合  
 Lecture 6: Approach to Mechanics Problems (Part 3)  
 Vibration of various degrees of freedom system  
 Coupled vibration  
 Building shaking  
 Reference coordinates  
 Reference vibration  
 Solving with Newton's equation of motion  
 Solving with Euler-Lagrange equation of motion  
 第7回講義 力学問題へのアプローチ (その4)  
 規準座標  
 規準振動  
 連成振動の演習  
 Lecture 7: Approaches to Mechanics Problems (Part 4)  
 Reference coordinates  
 Reference vibration  
 Exercise of coupled vibration  
 第8回講義 ハミルトン形式の基礎 (その1)  
 ハミルトンの運動方程式 (正準方程式)  
 ハミルトニアン  
 ハミルトンの運動方程式の導出  
 自由落下・調和振動・物体と滑車・連成振動  
 Lecture 8: Basics of Hamiltonian Style (Part 1)  
 Hamilton's equation of motion (canonical equation)  
 Hamiltonian  
 Derivation of Hamilton's equation of motion  
 Free fall, harmonic vibration, object and pulley, coupled vibration  
 第9回講義 ハミルトン形式の基礎 (その2)  
 配位空間と位相空間  
 リウヴィルの定理  
 位相空間の測度  
 保存系と散逸系  
 自由落下・調和振動・物体と滑車・連成振動  
 Lecture 9: Basics of Hamiltonian Style (Part 2)  
 Configuration space and topological space  
 Liouville's theorem

Topological space measure  
 Conservation system and dissipation system  
 Free fall, harmonic vibration, object and pulley, coupled vibration  
 第10回講義 正準変換  
 変形ハミルトンの原理  
 母関数  
 ポアソン括弧式  
 自由落下・調和振動・物体と滑車・連成振動  
 Lecture 10: Canonical transformation  
 The modified Hamilton principle  
 Generating function  
 Poisson bracket expression  
 Free fall, harmonic vibration, object and pulley, coupled vibration  
 第11回講義 力学問題へのアプローチ (その5)  
 非保存系における解析力学  
 強制振動とダッシュポット  
 自由落下・調和振動・物体と滑車  
 車の揺れ  
 ビルの揺れ  
 ニュートンの運動方程式で解く場合  
 オイラー・ラグランジュの運動方程式で解く場合  
 Lecture 11: Approach to Mechanics Problems (Part 5)  
 Analytical mechanics in nonconservative systems  
 Forced vibration and dashpot  
 Free fall, harmonic vibration, object and pulley  
 Car shake  
 Building shaking  
 Solving with Newton's equation of motion  
 Solving with Euler-Lagrange equation of motion  
 第12回講義 束縛運動とラグランジュの未定乗数法  
 簡単な運動 斜面を滑る質点, 斜面を転がる物体  
 束縛運動  
 オイラー・ラグランジュの運動方程式  
 ラグランジュの未定乗数法  
 ラグランジュの未定乗数法の導出  
 Lecture 12: Bound motion and Lagrange multiplier method  
 Simple movement-mass point sliding on a slope, object rolling on a slope  
 Binding movement  
 Euler-Lagrange equation of motion  
 Lagrange multiplier method  
 Derivation of Lagrange multiplier method  
 第13回講義 解析力学と量子力学  
 最小作用原理と経路積分  
 並進運動・落下運動  
 経路積分からのSchrodinger方程式の導出  
 正準方程式と正準量子化  
 Lecture 13: Analytical Mechanics and Quantum Mechanics  
 Minimum action principle and path integral  
 Translation /falling motion  
 Derivation of the Schrodinger equation from path integrals  
 Canonical equations and canonical quantization  
 第14回講義 特殊相対性理論と電磁場下での粒子のラグランジアン  
 特殊相対性理論  
 特殊相対性理論下での粒子のラグランジアン  
 電磁気学とスカラー・ベクトルポテンシャル  
 電磁場下での粒子のラグランジアン  
 Lecture 14: Special Relativity and Lagrangian of Particles under Electromagnetic Field  
 Special relativity  
 Lagrangian of particles under special relativity  
 Electromagnetism and scalar vector potential  
 Lagrangian of a particle under an electromagnetic field  
 第15回講義 全体のまとめと復習  
 レポートの回答  
 Lecture 15: Summary and Review

Report Answer  
第16回 定期試験  
Regular Exam

**学習課題（予習・復習）**

事前学修：特に必要はありません。

事後学修：Moodleの小テストに回答ください。

Moodleに掲げた板書ノートを参考に、各自の授業ノートを完成く

ださい。

レジメの最後に記されているレポート課題を解いてください。

Pre-learning: No special requirements.

Subsequent study: Please answer the quiz of Moodle.

Please complete your own class notebook with reference to the notebook on Moodle.

Complete the report assignment at the end of the resume.

学期 後期 開講時間 金 3,4 単位 2.0 年次 学部(学士課程): 2年次 選/必 選択 授業の方法 講義, 演習  
担当教員 高橋 裕 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 機械加工においてはあらゆる物質が対象となる。これらを巧く加工し、利用するためには相手の性質を熟知する必要がある。本講義では材料の性質を発現させる原理を原子・分子レベルの結合から説明する。これらが集合することで我々が目に見える物質となるが、特性にはその結合の性質が色濃く反映される。しかし、格子欠陥の存在も見逃せず、時には巨視的な性質をも変えてしまうことがある。材料を使う観点からは両刃の剣であることを認識する必要がある。最後に、材料の時間的な変化を予測するための「反応速度論」の考え方について説明する。

**学習の目的** 材料学の最も根本的な原理について概観する。日常で目にする様々な材料の現象を原子分子にまで逆戻りして理解するだけでなく、これを積極的に利用した加工法について説明する。これにより加工の対象となる材料の基本的な性質をイメージできるようにする。

**学習の到達目標** 材料の大まかな性質を知ることができ、これ以後に開講される機械材料関連および加工関連の知識の前提を習得できる。具体的には、原子分子論、格子欠陥論、材料熱力学および反応速度論の基礎であり、これらの体系の相互の関係についても理解することができる。

#### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 原子, 分子, 化学結合, 結晶構造, X線, 格子欠陥, 点欠陥, 転位, 粒界, 界面, クラック, 破壊, 速度論, 非平衡, 拡散, 凝固

**Keywords** atom, molecule, chemical bond, crystal structure, X-ray, crystal defects, point defect, dislocation, grainboundary, inter-ace, crack, fracture, rate theory, non equilibrium, diffusion, solidification

#### 学習内容

以下の3大項目に関して、教科書に沿って進める。

第1～6回 完全固体の構造

原子・分子間の結合, 結晶構造, 結晶構造解析

**本学教育目標との関連** 幅広い教養, 論理的・批判的思考力

**受講要件** 特になし

**予め履修が望ましい科目** 化学I

**発展科目** 特になし

**教科書** 材料科学1 (訳 井形, 堂山, 岡村) 培風館

**参考書** 特になし

**成績評価方法と基準** 期末試験100%

#### オフィスアワー

開講曜日にあわせて、

毎週金曜日13:00～14:00 合同棟2F 7206室

**授業改善への工夫** プロジェクターで教科書の図面を表示し、視覚的にわかりやすくする。教科書に沿った内容であるため、板書はメモ程度で用いるが、話す内容が早くならない役目もある。

**その他** 工業熱力学及び演習と機械材料及び演習での内容は既知として授業を進める。

第7～9回 不完全固体の構造

格子欠陥と材料の性質, 点欠陥, 転位, 粒界と界面, バルク欠陥と破壊

第11～15回 材料熱力学と反応速度

相平衡, 反応速度論, 拡散, 相変態の速度論

第16回 定期試験

#### 学習課題(予習・復習)

予習は特に必要ないが、復習に力を入れること。授業の前半部は高校の化学の延長のように感じるせいか復習をやっていない傾向が例年みられる、しかし、中盤から後半部は今までの知識では太刀打ちできない新規の項目なので、その理解にはおさらいが必要である。



学期 後期 開講時間 金 7,8 単位 2 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義  
 担当教員 高橋 裕(工学研究科機械工学専攻)

## 授業の概要

機械工作法について機械科の学生に聞いても、的確に答えることができる者は少ない。しかし、加工は実学であり、種々の方法が考案されており、それなしでは成立しえない製品も多々あることは知っておくべきである。

すでに加工法の概略については学習しているはずであるが、除去加工法に焦点をあててさらに深い説明を加えるとともに、精密加工についても言及する。

## 学習の目的

まずは除去加工法の特徴を述べ、それに基づいた分類を列挙する。具体的な加工機の構造を知ると共に、その設計・製作原理について詳しく述べる。

また、使用頻度が少ない加工法においても、それでした達成できない方法が多々あり、実生産で用いられている実例をイメージすることができる。

**学習の到達目標** 切削加工から始め、研削・研磨といった昔から使われてきた砥粒による精密加工について述べ、精密旋盤などによる最先端の加工法と工作機械の設計指針を学習する。また、特殊加工についても学ぶ。これにより、これまで漠然としか理解していなかった除去加工に対して明確なイメージが描けるようになり、適切な工作法が選択できるようになる。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 除去加工、工作機械、切削、研削、研磨、砥粒加工、加工面の品質

**Keywords** material removal, machine tool, cutting, grinding, lapping and polishing, abrasive processing, surface characteristics and quality

## 学習内容

第1回～第2回 除去加工とは  
 工作法の分類, 工作機械の分類、  
 第3回～第7回 工作機械  
 母性原理、精度設計、剛性設計、軸受と案内系、NC加工  
 第8回～第11回 切削理論

**本学教育目標との関連** 幅広い教養, 専門知識・技術, 論理的・批判的  
 思考力, 問題発見解決力

**受講要件** 特になし

**予め履修が望ましい科目** 機械加工学, 金属材料学, 機能加工システム

**発展科目** 特になし

**教科書** 加工学I- 除去加工 (機械学会編) 丸善

**参考書** 特になし

**成績評価方法と基準** 期末試験100%

## オフィスアワー

開講曜日にあわせて  
 毎週金曜日13:00～14:00 合同棟2104室

**授業改善への工夫** プロジェクターを用いて教科書の譜面を表示して、視覚的に分かりやすい授業を行なう。また、実際の現場から取材した図や写真なども見せることで、臨場感を持たせる。機械加工全般においても認識が不十分な向きが見られるため、これらの復習や補足にも時間を割く。

切削応力、切削温度、工具の種類、工具の磨耗・損傷  
 第12回～第14回 研削加工  
 砥粒加工、砥石の構造、各種加工法  
 第15回 surface integrity  
 加工面の形態と品質  
 第16回 定期試験

**学習課題(予習・復習)** 予習は必要ないので、復習に力を入れること。特に、今まで見たことも聞いたこともないような加工法が実際には行なわれていることを説明するため、教科書すら読まないのは問題外であり、授業に出席して聞いてから教科書をしっかり読んで復習する。

# 機械加工学

Materials and Processing Technology

学期 前期 開講時間 火 3, 4 単位 2 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義  
担当教員 中西栄徳 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 「ものづくり」に必要な不可欠な技術である「生産加工」に必要な基礎的な知識と考え方を身につける。地球環境に配慮しつつ、高精度・微細・高速・省人という高度化する要求を実現するための最適な加工法を提案できる機械技術者であることを目指す。講義では、生産加工法の各種の分類およびそれらの特徴について学ぶ。

**学習の目的** 機械の製造に必要な加工技術について知ることができる。また、具体的な材料加工の問題に対し、適当な加工法の提案ができるようになる。

**学習の到達目標** 本講義で到達できるレベルとして、例えば、FE試験のINDUSTRIAL分野におけるManufactureing Processes, またMECHANICAL分野におけるMaterial Behavior/Processingの問題が解けるレベルが挙げられる。

**本学教育目標との関連** 主体性, 専門知識・技術, 表現力(発表・討論・対話)

**受講要件** 材料力学, 機械材料に関する基本科目を受講済みであることが望ましい

**予め履修が望ましい科目** 「材料力学及び演習」, 「機械材料学及び演習」, 「金属材料学」

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 生産加工, 鋳造, 溶接, 塑性加工, 切削加工, 研削加工, 特殊加工

**Keywords** industrial processing, casting, welding, plastic working, cutting, grinding, nontraditional machining

### 学習内容

- 第1回 機械工作の歴史 (ものづくりの認識, 材料の進歩と加工技術, 創意工夫の重要性)
- 第2回 材料の被加工性
- 第3回 鋳造 (鋳造加工の基本)
- 第4回 鋳造 (各種鋳造法)
- 第5回 鋳造 (鋳造加工の特徴・技術)
- 第6回 塑性加工 (塑性加工の基本および特徴)
- 第7回 塑性加工 (各種塑性加工方法その1、圧延、押し出し、

**発展科目** 「機能加工システム」, 「工場見学」

**教科書** 生産加工入門 (数理工学社) を使用する。

**参考書** 機械加工技術や加工現象に関しては、「・・・工作法」, 「・・・加工法」, 等のタイトルで多数刊行されている。また, 加工中における材料の特性に基づく変形や解析については, 「加工の力学」, 「塑性力学」等のタイトルで刊行されている書物が有効である。

**成績評価方法と基準** 評価は, 期末試験 (100点) で行い, 得点/10の小数点以下を四捨五入して6以上を合格とする。ただし, 授業出席率70%以上を期末試験受験の有資格とする。

**オフィスアワー** 前期火曜日・木曜日昼休みに, 機械創成棟3階中西教員室にて対応。電子メールによる受付も可。

**授業改善への工夫** 毎回の授業の初めに, 前回までの内容を簡潔に示し, 身につけるべき内容と理解の確認を行うことで教育目標の達成を確認するとともに, 授業への導入が容易になるように努める。特に, 変形加工と除去加工の対比にも重点を置き, 加工技術全体を正しく認識できるように, また将来性を考慮し環境適合加工法についても力点を置くように努める。

引き抜き)

- 第8回 塑性加工 (各種塑性加工方法その2、鍛造、板材成形)
- 第9回 粉末成形 (粉末成形の基本および特徴)
- 第10回 粉末成形 (各種粉末成形方法)
- 第11回 研削加工 (機械加工の特徴および研削加工の基本)
- 第12回 研削加工 (各種研削加工ならびに研磨加工)
- 第13回 切削加工 (切削加工の基本および特徴)
- 第14回 切削加工 (各種工作機械および工具)
- 第15回 切削加工 (切削加工メカニズム)

**学習課題 (予習・復習)** 授業の内容を予めチェックし, 既習の専門授業科目 (機械材料, 材料力学) の関連箇所の再認識も効果的な理解を助ける。また授業内容の理解確認のために課すレポート課題の具体的内容については講義時に説明する。

# 機械加工学

Materials and Processing Technology

学期 後期 開講時間 水3,4 単位 2 対象 工学部総合工学科機械工学コース 年次 学部(学士課程):2年次 選必 必修 授業の方法 講義  
担当教員 中西栄徳 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 「ものづくり」に必要な不可欠な技術である「生産加工」に必要な基礎的な知識と考え方を身につける。地球環境に配慮しつつ、高精度・微細・高速・省人という高度化する要求を実現するための最適な加工法を提案できる機械技術者であることを目指す。講義では、生産加工法の各種の分類およびそれらの特徴について学ぶ。

**学習の目的** 機械の製造に必要な加工技術について知ることができる。また、具体的な材料加工の問題に対し、適当な加工法の提案ができるようになる。

**学習の到達目標** 本講義で到達できるレベルとして、例えば、FE試験のINDUSTRIAL分野におけるManufactureing Processes, またMECHANICAL分野におけるMaterial Behavior/Processingの問題が解けるレベルが挙げられる。

**本学教育目標との関連** 主体性, 専門知識・技術, 表現力(発表・討論・対話)

**受講要件** 材料力学, 機械材料に関する基本科目を受講済みであることが望ましい

**予め履修が望ましい科目** 「材料力学及び演習」, 「機械材料学及び演習」, 「金属材料学」

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 生産加工, 鋳造, 溶接, 塑性加工, 切削加工, 研削加工, 特殊加工

**Keywords** industrial processing, casting, welding, plastic working, cutting, grinding, nontraditional machining

### 学習内容

- 第1回 機械工作の歴史 (ものづくりの認識, 材料の進歩と加工技術, 創意工夫の重要性)
- 第2回 材料の被加工性
- 第3回 鋳造 (鋳造加工の基本)
- 第4回 鋳造 (各種鋳造法)
- 第5回 鋳造 (鋳造加工の特徴・技術)
- 第6回 塑性加工 (塑性加工の基本および特徴)
- 第7回 塑性加工 (各種塑性加工方法その1、圧延、押し出し、

**発展科目** 「機能加工システム」, 「工場見学」

**教科書** 生産加工入門 (数理工学社) を使用する。

**参考書** 機械加工技術や加工現象に関しては、「・・・工作法」, 「・・・加工法」, 等のタイトルで多数刊行されている。また, 加工中における材料の特性に基づく変形や解析については, 「加工の力学」, 「塑性力学」等のタイトルで刊行されている書物が有効である。

**成績評価方法と基準** 評価は, 期末試験 (100点) で行い, 得点/10の小数点以下を四捨五入して6以上を合格とする。ただし, 授業出席率70%以上を期末試験受験の有資格とする。

**オフィスアワー** 前期火曜日・木曜日昼休みに, 機械創成棟3階中西教員室にて対応。電子メールによる受付も可。

**授業改善への工夫** 毎回の授業の初めに, 前回までの内容を簡潔に示し, 身につけるべき内容と理解の確認を行うことで教育目標の達成を確認するとともに, 授業への導入が容易になるように努める。特に, 変形加工と除去加工の対比にも重点を置き, 加工技術全体を正しく認識できるように, また将来性を考慮し環境適合加工法についても力点を置くように努める。

引き抜き)

- 第8回 塑性加工 (各種塑性加工方法その2、鍛造、板材成形)
- 第9回 粉末成形 (粉末成形の基本および特徴)
- 第10回 粉末成形 (各種粉末成形方法)
- 第11回 研削加工 (機械加工の特徴および研削加工の基本)
- 第12回 研削加工 (各種研削加工ならびに研磨加工)
- 第13回 切削加工 (切削加工の基本および特徴)
- 第14回 切削加工 (各種工作機械および工具)
- 第15回 切削加工 (切削加工メカニズム)

**学習課題 (予習・復習)** 授業の内容を予めチェックし, 既習の専門授業科目 (機械材料, 材料力学) の関連箇所の再認識も効果的な理解を助ける。また授業内容の理解確認のために課すレポート課題の具体的内容については講義時に説明する。

学期 前期 開講時間 木 9, 10 単位 2 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義  
担当教員 川上博士 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 機械や構造物に要求される一般的な項目として、デザイン性、安全保証、高寿命等が挙げられる。これらはまず最初に、設計者によって設計図面の中に生み出される。この時点ではあくまでも架空のものであり、設計によって意図されたものは、設計者が選択した材料の特性によって、現実のものとなる。また、ものづくりの現場では材料に応じた生産技術を選択しなければならない。すなわち、機械工学系エンジニアにとっては、設計に必要な知識と同様に、構造材料に関する知識が必要である。本講義は、ものづくりにおける適材適所を実践するための知識および選択法について学ぶ。

**学習の目的** 機械工学の中心となるものづくりは、材料を加工することにより成り立っている。現代社会においてもものづくりの現場では多様な材料が使用されており、その特徴を知ることが機械エンジニアにとっては必須となっている。本授業では、鉄鋼材料、非鉄材料等のエンジニアリング材料の知識を得ることを目的としている。

**学習の到達目標** 構造用鋼、ステンレス鋼などの鉄鋼材料、アルミニウム、マグネシウムなどの非鉄材料、セラミック、エンジニ

アリングプラスチックなどの非金属材料の基本特性に関する知識を習得する。また、適用事例を参考にして材料選択法に関する知識を習得する。

**本学教育目標との関連** 主体性、幅広い教養、専門知識・技術、問題発見解決力

**受講要件** 材料科学および演習、機械材料学および演習の履修が必須である。

**教科書** 機械材料学および演習で用いた教科書

**参考書** 基礎機械材料、先進機械材料 (培風館)

**成績評価方法と基準** 8割以上の出席を単位取得のための必要条件とする。定期試験において、60点以上の成績を合格とする。

**オフィスアワー**

適宜、対応する。場所: 機械棟 4F 2 4 1 4 室  
電子メールによる対応も行う。

**授業改善への工夫** 視覚的理解を重視したプリントの作成、授業の実施に努める。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

材料の構造と組織  
工業材料の性質と機能  
鉄鋼材料・非鉄材料・非金属材料

### Keywords

Microstructure of material  
Mechanical properties  
Steel, non-ferrous metal, ceramic, plastic

### 学習内容

第1回 材料の強度評価法と破壊  
第2回 構造材料の強化法  
第3回 構造用鋼Ⅰ  
第4回 構造用鋼Ⅱ

第5回 軸受鋼・工具鋼および鋳鉄  
第6回 ステンレス鋼  
第7回 高合金鋼・耐熱材料  
第8回 アルミニウムⅠ  
第9回 アルミニウムⅡ  
第10回 銅  
第11回 チタン・マグネシウム等  
第12回 セラミック・プラスチックⅠ  
第13回 セラミック・プラスチックⅡ  
第14回 機能性材料  
第15回 製品における材料選択例  
第16回 定期試験

**学習課題 (予習・復習)** 各回の復習

# 溶融加工学

Technology of Welding and Casting

学期 後期 開講時間 火 1, 2 単位 2 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義

担当教員 尾崎 仁志(工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 種々の溶接方法の接合原理に基づき、それぞれの溶接方法の基本的特徴を理解する。溶接の特徴である急速加熱、急速冷却に伴う材料特性の変化を理解し、また、それらの変化を予測する手段を習得する。さらに鋳造法の基本事項を習得し、溶接法との比較において鋳造法の特徴を理解する。

**学習の目的** 溶接加工および鋳造法に関する概略的な知識が得られ、機械と機械部品の設計に際して、加工方法まで考慮することができるようになる。

**学習の到達目標** 溶接法および鋳造法の最も基本的事項を習得し、加工方法を含めた機械設計能力を涵養する。金属の溶融・凝固現象に関する知識を習得し、溶融加工の利点と欠点を理解し、加工上の問題に対処する能力を高める。

**本学教育目標との関連** 主体性、専門知識・技術

**受講要件** 特になし。ただし、機械工学科必須科目「機械材料学及び演習」の内容を理解していることを前提にして講義する。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 熱加工法、溶接、鋳造、継手強度設計、アーク現象

**Keywords** Thermal processes, Welding, Casting, Design of joint strength, Arc phenomena

### 学習内容

- 第1回 溶接法の概要
- 第2回 溶接法の分類
- 第3回 アーク現象
- 第4回 被覆アーク溶接
- 第5回 ガスシールドアーク溶接
- 第6回 抵抗溶接
- 第7回 ろう接

**予め履修が望ましい科目** 材料科学、材料力学、機械材料学及び演習

**教科書** 特になし。適宜プリントを配布する。

### 参考書

溶接・接合工学の基礎（溶接学会編、丸善）  
鋳造工学（高瀬孝夫訳、アグネ）

### 成績評価方法と基準

期末試験100%。  
期末試験55点以上を合格とする。

**オフィスアワー** 授業終了後に講義室または機械創成棟4階尾崎教員室(2414室)にて対応。電子メールによる受付は随時可能。

**授業改善への工夫** 各回の授業の初めに、前回までの内容を簡潔に示し、授業への導入が容易になるように努める。

- 第8回 溶接部に発生する問題(1)～溶接欠陥
- 第9回 溶接部に発生する問題(2)～低温割れと溶接部の硬化
- 第10回 溶接材料
- 第11回 溶接部の設計
- 第12回 溶接残留応力
- 第13回 溶接部の検査
- 第14回 鋳造法の概要
- 第15回 まとめ
- 第16回 定期試験

**学習課題（予習・復習）** 講義に先だって講義内容を記したプリントを配布する。参考書などを利用し、プリントの内容の予習に努めることを希望する。

### 授業の概要

工業的なものづくりでは、製品の多様化・高度化とともに精度・効率の向上と、省資源化が要求され続けている。機械技術者には、機能・強度設計とともに、要求仕様を満足しながら、実体としての機械を実現するための機械工作法の適切な選択や加工技術を発展させる能力が要請されている。

本講義では、機械工作法のひとつの主軸をなす塑性加工について扱う。塑性変形を利用した成形にかかわる現象を理解・検証するために有力な塑性力学の基礎を学ぶ。

**学習の目的** 材料力学(弾性論)で学んだ強度設計の基準について理解・利用できるようになる。また、材料(特に機械構造用材料として重要な金属材料)の塑性についての知識と塑性力学が理解できるようになる。さらに、塑性力学を学ぶことで、具体的な材料と加工方法に関する塑性変形の現象が理解でき、適切な加工方法を選択し、これを発展させられる基礎知識が身につけられる。

**学習の到達目標** 材料、主に金属材料の塑性変形を説明できるようになる。材料力学、連続体力学において学んだ応力、ひずみに関する知識を復習し、主な降伏関数について導出できるようになる。また、初等解法を用いて、基礎的な塑性変形を具体的に計算予測できるようになる。

**本学教育目標との関連** 主体性、専門知識・技術、論理的・批判的思考力、表現力(発表・討論・対話)、問題発見解決力

### 予め履修が望ましい科目

機械加工学・連続体力学を受講済みであることが望ましい。また、同時期に開講される計算機援用工学を受講することが望ま

### 授業計画・学習の内容

#### キーワード

1. 塑性加工 (plastic working), 強度設計 (strength design), 降伏 (yield), 破壊 (fracture), 弾性変形 (elastic deformation), 塑性変形 (plastic deformation), 材料力学 (strength of materials), 応力 (stress)
2. 延性金属材料 (ductile metal), 応力 - ひずみ曲線 (stress-strain curve), 金属結合 (metallic bond), 結晶 (crystal), すべり (slip), すべり系 (slip system), 多結晶 (polycrystal), 等方性 (isotropy)
3. 応力 (stress), 応力テンソル (stress tensor), 単位法線ベクトル (unit normal vector)
4. 座標系 (coordinate system), 方向余弦 (direction cosine), 応力テンソル (stress tensor)
5. 変位 (displacement), 変位ベクトル (displacement vector), ひずみ (strain)
6. 座標系 (coordinate system), 方向余弦 (direction cosine), ひずみテンソル (strain tensor)
7. フックの法則 (Hook's law), 弾性係数 (elastic modulus), ヤング率 (Young's modulus), 剛性率 (modulus of rigidity), ポアソン比 (Poisson's ratio)
8. 応力テンソル (stress tensor), 主応力 (principal stress), 固有値 (eigenvalue), 固有ベクトル (eigenvector)
9. 最大せん断応力 (maximum shear stress), 主応力 (principal stress)
10. 不変量 (Invariant), 偏差応力 (deviatoric stress), 偏差ひずみ (deviatoric strain)
11. 弾性ひずみエネルギー (elastic strain energy), フックの法則 (Hook's law), 偏差応力 (deviatoric stress), 偏差ひずみ (deviatoric strain)
12. 降伏関数 (yield function), 主応力説 (principal stress criterion), 最大せん断応力説 (maximum shear stress criterion), トレスカ (H. Tresca)

しい。

**発展科目** 生産システム工学

**教科書** 「基礎塑性加工学」第3版 (川並高雄他編著, 森北出版)

#### 参考書

「例題で学ぶ初めての塑性力学」(日本塑性加工学会編, 森北出版)  
 「塑性の物理」(渋谷陽二著, 森北出版)

**成績評価方法と基準** 評価は、期末試験(100点)で行い、得点/10の小数点以下を四捨五入して6以上を合格とする。開講中に提示する演習課題の評価を期末試験に加点する。

**オフィスアワー** 木曜日16:20~17:00, 機械創成棟4階吉川教員室にて対応。電子メールによる受付も可。

#### 授業改善への工夫

機械工作法としての塑性加工技術に関しては、視覚的な資料によって理解しやすい講義を目指す。

また、塑性力学に関しては、なるべく多くの図示とともに、数理の関連が把握しやすい板書を心がける。適宜演習問題レポートを課し、理解を促す。

#### その他

講義の理解のために準備した図等のうち、重要なものは配布する。板書およびスライド等については講義中の写真撮影を禁止する。また、授業中の私語については厳禁とする。

13. 降伏関数 (yield function), せん断エネルギー説 (shear strain energy criterion), ミーゼス (R. von Mises), 不変量 (Invariant), 単軸引張 (uni-axial tension), 単軸圧縮 (uni-axial compression), 単純ねじり (simple torsion), 複合負荷 (combined loading, multi-axial loading), 相当応力 (equivalent stress)
14. 降伏関数 (yield function), 降伏曲面 (yield surface), 相当応力 (equivalent stress)
15. バルク金属ガラス (bulk metallic glass), 形状記憶合金 (shape memory alloy), マグネシウム合金 (magnesium alloy), 樹脂材料 (resin, plastic)
- 16.

#### 学習内容

1. ガイダンス 講義の目的・目標: 講義形式: スライド  
 講義内容:  
 本講義の目的と目標, 進め方, および評価方法を述べる。  
 他の教科(主に材料力学系や材料系教科)とのかかわりを明らかにし、履修および修学のために復習しておいた方が望ましい基礎教育科目を明示する。
2. 材料の強度と塑性変形(概論): 講義形式: スライド及び板書  
 講義内容:  
 材料力学系科目, 基礎化学, 物理学, 材料学などをもとに、塑性変形のメカニズムや基礎的知識を説明する。
3. 応力の一般化: 講義形式: 板書  
 講義内容:  
 Cauchyの応力テンソルと任意の面の応力について述べる。
4. 応力の座標回転: 講義形式: 板書  
 講義内容:  
 座標系が異なる(回転)ときの応力テンソルについて述べる。
5. ひずみの一般化: 講義形式: 板書  
 講義内容:  
 Green-Lagrangeのひずみテンソルを導出する。  
 「材料力学及び演習」, 「連続体力学」で学んだひずみとの関係

を述べる。

6.ひずみテンソルの座標回転: 講義形式: 板書

講義内容:

座標系が異なる(回転)ときのひずみテンソルについて述べる。

7.一般化されたフックの法則: 講義形式: 板書

講義内容:

等方性材料における一般化されたフックの法則について述べる。

8.座標不変量(1)主応力: 講義形式: 板書

講義内容:

主応力について述べる。

9.座標不変量(2)最大せん断応力: 講義形式: 板書

講義内容:

最大せん断応力を導出する。

10.座標不変量(3)不変量: 講義形式: 板書

講義内容:

不変量と偏差応力, 偏差ひずみ, 偏差応力の不変量について述べる。

11.座標不変量(4)弾性ひずみエネルギー: 講義形式: 板書

講義内容:

偏差応力, 偏差ひずみ, 一般化されたフックの法則をもとに, 弾性ひずみエネルギーを計算し, 意味について述べる。

12.降伏関数(1): 講義形式: 板書

講義内容:

降伏関数の考え方と主応力説, 最大せん断応力説について述べる。

13.降伏関数(2): 講義形式: 板書

講義内容:

せん断エネルギー説にもとづく降伏関数について述べる。

また, 主応力説, 最大せん断応力説, せん断エネルギー説にもとづく降伏関数の使い方について述べる。

14.降伏関数(3): 講義形式: 板書

講義内容:

降伏関数の幾何学的表記として降伏曲面について述べる。

また相当応力について述べる。

15.機能性材料の降伏・破壊に関する実験的研究: 講義形式: スライド

講義内容:

機械構造用材料として利用が期待されている機能性新素材や, 特異な降伏・破損を示す素材について実験的に調査してきた内容を紹介する。

16.定期試験:

### 学習課題(予習・復習)

1.【事前学修】3年次前期に開講された「連続体力学」で取り扱われた内容について, ノートなどに目を通しておく。【事後学修】本講義では第1, 第2回講義を, 内容のイメージ把握のためにスライドで行う。思い出して可能な範囲でノートに図示しておくとうい。

講義で説明された内容をもとに, 2年次前期に開講された「材料力学及び演習」, 3年次前期に開講された「連続体力学」と本講義の関係性, 3年次後期に同時開講されている「計算機援用工学」との関係性について理解しておく。「連続体力学」を履修した学生は講義ノートなどで復習しておくとうい。

2.【事前学修】機械工学実験及び実習II-4(材料の機械的性質—引張試験—)の項について目を通しておく。すでに実習を受講した学生はレポート課題について熟考しておく。

「材料力学及び演習」, 「連続体力学」, 「材料科学」について復習しておく。【事後学修】スライドで図, アニメーションによって説明された内容を復習しておく。C.R.バレット他, 「材料科学1」(培風館)が図例が多く参考になる。

第3回以降に深くかかわるため, 応力-ひずみに関するイメージを復習しておく。テキストか「連続体力学」のノートを参考にするとよい。

機械工学実験及び実習II-4を受講した学生は, 実験時の観察状況を思い出しておくとうい。

配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

3.【事前学修】「材料力学及び演習」の応力の項について復習しておく。

「工業数学I」(線形代数学)または「基礎線形代数学」のベクトルの内積および行列の積について十分に復習しておく。【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

レジメや講義ノートを復習し, 講義における数理解展開で不明点がある場合は, 代数学の弱点を復習し, 理解しておく。

4.【事前学修】第3回講義の内容を復習しておく。

「工業数学I」(線形代数学)または「基礎線形代数学」のベクトルの内積および行列の積について十分に復習しておく。【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

レジメや講義ノートを復習し, 講義における数理解展開で不明点がある場合は, 代数学の弱点を復習し, 理解しておく。

テキストや講義ノートをもとに, 方向余弦に関して空間図形的に理解しておく。

5.【事前学修】ベクトル関数について復習しておく。

工業数学, 基礎教育科目の数学で学んだ, テーラー(マクローリン)展開の意味と技法を復習しておく。「材料力学及び演習」と

「連続体力学」で学んだひずみについて理解しておく。【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

講義で行われた計算展開を自分で計算する。

微小ひずみとGreen-Lagrangeのひずみとの関係を復習しておく。

6.【事前学修】第4回, 第5回の内容をよく復習しておく。【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

7.【事前学修】「材料力学及び演習」, 「連続体力学」のノートなどでフックの法則について復習しておく。【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

8.【事前学修】第3回, 第4回講義内容を復習しておく。行列の固有方程式, 固有値について復習しておく。【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

9.【事前学修】第7回の講義内容を復習しておく。ベクトル計算を「工業数学I」などのノートをもとに復習しておく。【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

10.【事前学修】第7回の内容を復習しておく。特に固有方程式について理解しておく。【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

11.【事前学修】第6回, 第9回の内容を十分に復習しておく。

「材料力学及び演習」で学んだ弾性ひずみエネルギーを復習しておく。【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

講義で展開された数式について復習するとともに, 「材料力学及び演習」で学んだ弾性ひずみエネルギーとの関係を理解しておく。

12.【事前学修】第7回~第9回の内容を十分に復習しておく。

【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

13.【事前学修】第10回と第11回の内容について復習しておく。【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

14.【事前学修】第10回~第12回の内容について復習しておく。【事後学修】配布されたレジメに付属の演習問題を解いておく。

15.

16.

# 機械設計及び製図基礎

## Fundamental of Mechanical Design and Drawing

学期 後期 開講時間 金 7, 8, 9, 10 単位 3 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 2年次 選/必 必修 授業の方法 講義, 実習  
担当教員 中西栄徳 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 機械や要素部品づくりの中で、技術者に要求される情報伝達手段である「機械設計製図」に関連する規格の基本と要点を身につけ、設計図面の十分な読解力と設計製図の応用力を養う。このために最低限必要な J I S 規格の講義と各種の基本的要素等の製図演習課題の実技を実施する。

**学習の目的** 機械製図法の基礎を、製図実習を通して体得する。各種機械要素の規格とその製図法について学習する。

**学習の到達目標** 機械製図法の基礎を、製図実習を通して体得する。各種機械要素の規格とその製図法について学習する。

**本学教育目標との関連** 専門知識・技術

**受講要件** 特になし。

**予め履修が望ましい科目** 機械運動学, 材料力学など

**発展科目** 機械設計製図 I および II を受講するにあたり、本講義は必須である。機械材料学, 機械加工学, 機械設計などの講義は、本講義と深く関連する。

**教科書** 新編 J I S 機械製図 第5版 (吉澤武男, 森北出版)

**参考書** 特に指定しないが、機械設計製図及び J I S 規格等を適宜参照のこと。

### 授業計画・学習の内容

#### キーワード

製図法と規則, 設計法  
機械設計, 製図, 規格/標準/基準

#### Keywords

Mechanical drawing  
Japanese Industrial Standards  
Tolerance

#### 学習内容

- 第1回 機械製図法と関連規格  
製図課題「ラインと円」の製図法の解説>提出
- 第2回 表面性状と加工法  
製図課題「Vブロック」の規格と製図法の解説>提出
- 第3回 サイズ公差とはめあい規格  
製図課題「ボルト・ナット締結」の規格と製図法の解説>提出
- 第4回 製図課題「豆ジャッキ」の規格と製図法の解説>提出
- 第5回 製図課題「スパナ」の規格と製図法の解説

#### 成績評価方法と基準

出席は必要条件であり、7割以上出席しすべての製図課題を提出した者を単位授与の対象者とする。

評価は、提出された各製図課題を10満点で評価し、その平均点を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

#### オフィスアワー

随時、機械創成棟3階中西教員室にて対応。電子メールによる受け付けも可能である。

中西栄徳まで

#### 授業改善への工夫

毎回の講義で解説する関連規格や描き方に基づいて正しく製図されているか等をより深く理解するために課題を提出するだけではなく、解答例をスクリーンに示しながら学生自ら検図をおこなう。その際に分かりにくい点などの質問等を受け付けることにより、参加学生全員が情報を共有することが出来る。これにより機械製図法の基礎を体得する事ができる。

講義中の板書では、わかりにくい内容はプロジェクターとスクリーンを用いてビジュアルに解説する。たとえば、テキストの製図図面等はスクリーンに投影してよりわかりやすく製図規格等を解説する。必要に応じてプリント等を配布する。

- 第6回 製図課題「スパナ」の作成継続>提出
- 第7回 製図課題「回し金」の規格と製図法の解説
- 第8回 製図課題「回し金」の作成継続>提出
- 第9回 製図課題「平歯車」の規格と製図法の解説
- 第10回 製図課題「平歯車」の作成継続>提出
- 第11回 製図課題「Vプーリ」の規格と製図法の解説
- 第12回 製図課題「Vプーリ」の作成継続>提出
- 第13回 製図課題「フランジ型たわみ軸継ぎ手」の規格と製図法の解説
- 第14回 製図課題「フランジ型たわみ軸継ぎ手」の各部寸法確認>提出
- 第15回 製図課題「フランジ型たわみ軸継ぎ手」の図面確認>提出

**学習課題(予習・復習)** 授業の内容を予めチェックし関連する規格などを認識する事でより理解を助ける。また授業内容の理解確認のために課す製図課題の具体的な内容については講義時に説明する。



# 機械設計

Design Engineering

学期 前期 開講時間 火 1, 2 単位 2 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義, 実習 授業の特徴

地域理解・地域交流の要素を加えた授業

担当教員 加藤典彦, ○松井博和 (工学研究科機械工学専攻)

## 授業の概要

機械設計の具体例として、自律移動ロボットの設計を上げ、それぞれの構成要素を幅広く理解する。また、機械要素として重要な歯車、四節リンク機構など)の基礎も理解する。

また、機械設計は、その動作により設計パラメータが決定されるので、実際にロボットを動かし、その設計パラメータを理解する。三重県下は、工業製品についてはBtoBの企業が多く、本講義を通して、BtoCの製品の基礎知識を得る。

**学習の目的** 部品数の多い機械の設計では、数多くの部分設計が必要となる。個々の部分設計に関する考え方の集大成が機械要素設計である。機械要素の種類は数多く、本講義ですべて習得することはできないが、自律移動ロボットの設計を通して、具体的な機械要素設計を学ぶ。

**学習の到達目標** 自律移動ロボットに用いられる歯車や四節リンク機構からモータなどのアクチュエータとその制御法まで機械要素の基礎的な設計方法を身に着ける。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 機械要素, シーケンス制御, ロボット

**Keywords** machine element, sequential control, robot

### 学習内容

第1週 機械要素 (歯車, カム, 四節リンク機構)

第2週 シーケンス制御, スイッチ回路

**本学教育目標との関連** 主体性, 幅広い教養, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力

**受講要件** 特になし。

**予め履修が望ましい科目** 基礎教育科目になっている数学や力学が基礎であるが、機械運動学が密接に関連する。複雑形状の部品設計や機械振動などが主要な問題となる設計では計算機援用工学、機械力学及び演習が重要になる。

**参考書** 機械設計製図便覧(大西清、理工学社)

### 成績評価方法と基準

期末試験(100点満点)得点の1/10の値の小数点以下を四捨五入して成績評価とする。

ただし、出席およびレポート提出を期末試験受験の条件とする。

**授業改善への工夫** 学生諸君が機械設計を身近に感じ、興味を持つように幾つかの実例を取り入れる。

**その他** 「考える力」=100%

第3-4週 ロボットの電氣的構造, OS

第5-9週 モータ, エンコーダ, 制御

第10-14週 画像処理

第15週 実験・まとめ

第16週 定期試験

# 機械設計製図 I

Machine Design and Drawing I

学期 前期 開講時間 金 8, 9, 10 単位 1 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 必修 授業の方法 実習 授業の特徴 地域理解・地域交流の要素を加えた授業  
担当教員 吉川 高正 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 機械を設計する場合には、(1)使用目的を満足する機構の想定、(2)機構を実現する各部品の形状や寸法および材料の決定、(3)実際の機械製作に関する加工法の選択を行い、(4)以上の決定事項に基づいて設計書と製図を作成する。(1)~(3)の項目は、要求される機能が実現されるだけでなく、その機械の使用条件や経済性といった制約条件を満たすように検討されることが必要である。機械設計は、基礎的な専門知識を実践的に扱える技能と、相互に関連し合う(1)~(3)および制約条件を包括的に吟味できるセンスが要求される。本講義では、簡単で基本的な機構の手动ウインチを例に取り、そのシステムを理解し、与えられた仕様に対して自分自身で設計・製図することにより、機械設計の基礎を体得し、かつそのセンスを養うことを目的とする。

**学習の目的** 機械設計の基本となる強度設計を主眼として、機械の設計・製図の基礎的な一連の工程を実技を通じて身に付ける。

**学習の到達目標** 簡単で基本的な機構を持つ機械である手动ウインチを例に取り、設計書および組立・部品図の製図作製までの一連の作業が実現できるようになる。歯車機構や差動ブレーキ機構といった基本的な機構の設計ができるようになる。負荷条件が変化する機構部品(主に軸)に対して、材料力学に基づき、強度的に安全な設計ができるようになる。実用性や経済性を加味して、機械設計における実現可能性について意識できるようになる。また、製図を通じて、加工方法や表面粗度、はめあいといった設計項目を理解できるようになる。

**本学教育目標との関連** 主体性、専門知識・技術、論理的・批判的思考力、問題発見解決力

**受講要件** 特になし。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

- 1.設計 (mechanical design), 製図 (drafting, drawing), 機構 (mechanism), 強度 (strength), 経済性 (economics, cost), 法規 (regulations), 手巻きウインチ (winch), 仕様 (specifications), 部品 (mechanical parts), トルク (torque)
- 2.ワイヤロープ (wire rope), 切断荷重 (breaking load), 安全係数 (safety factor), 巻胴 (drum)
- 3.巻胴 (drum), 歯車 (gear), 歯車装置 (geared system), 歯数比 (gear ratio), 円ピッチ (circular pitch)
- 4.歯車 (gear), モジュール (module), ピッチ円直径 (pitch circle diameter)
- 5.軸 (shaft), スパン (span length), 負荷条件 (load condition), 部品自重 (weight), 曲げ荷重 (bending load)
- 6.歯車伝達力 (gear force), 曲げモーメント (bending moment), 反力 (reaction), トルク (torque)
- 7.延性 (ductile), 脆性 (brittle), 複合負荷 (combined loading), 差動ブレーキ (differential brake), ブレーキレバー (brake lever)
- 8.設計書 (design specification)
- 9.設計書 (design specification)
- 10.設計書 (design specification)
- 11.設計書 (design specification), 製図 (drafting, drawing)
- 12.製図 (drafting, drawing), 組立図 (assembling drawing)
- 13.製図 (drafting, drawing), 部品図 (part drawing)
- 14.製図 (drafting, drawing), 部品図 (part drawing)
- 15.製図 (drafting, drawing), 部品図 (part drawing)

### 学習内容

- 1.機械設計の考え方  
参考資料および予定表等の配布: 講義形式: スライド  
講義内容

### 予め履修が望ましい科目

機械製図に関連するJIS規格の基本、および図面の理解と製図の作成のために「機械設計製図基礎」の十分な修得を要する。  
また、強度計算のために「材料力学および演習」の習熟を要する。

### 発展科目

3年生後期に開講される「機械設計製図II」において、熱エネルギー変換機器としてのディーゼルエンジンの設計を行う。  
強度設計における力学的根拠の理解のために同時期に開講される「連続体力学」、また相乗的に理解を促すために「機械設計」を履修することが望ましい。

### 参考書

機械設計製図テキスト 手巻ウインチ (長町拓夫著, コロナ社)  
JISに基づく機械設計製図便覧 (大西清著, 理工学社)  
新編JIS機械製図 (吉澤武男編著, 森北出版)

**成績評価方法と基準** 評価は、設計書 (50点)、製図図面 (50点)の総計100点で行い、総計点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 水曜日18:00~19:00に、機械棟4階吉川教員室にて対応。電子メールによる受け付け可。

**授業改善への工夫** 毎回の授業において、授業の要点についてしっかりと説明し、設計のフローが把握しやすい板書を目指す。また、機構や原理がわかりやすいよう図示を多用する。なお、ノート作成のサポートとして、重要な図はあらかじめ資料として配布する。また、設計書を返却する際に、それぞれの設計における問題点について学生一人一人に個別に指導を与えるようにすることにより、理解度の向上をはかる。

- (1)機械設計製図の意義と本講義の目標
- (2)手巻きウインチの構造と基本仕様の決定
- 2.ウインチ構成要素の設計I (ワイヤロープ, 巻胴): 講義形式: 板書 (スライドを併用)  
講義内容:  
ワイヤロープの選定方法  
巻胴の設計内容  
巻胴設計 (1)
- 3.ウインチ構成要素の設計II (巻胴, 歯車装置): 講義形式: 板書 (スライドを併用)  
講義内容:  
巻胴設計 (2)  
歯車装置の役割と設計方法
- 4.ウインチ構成要素の設計III (歯車装置): 講義形式: 板書 (スライドを併用)  
講義内容: 歯車設計の基本項目 (2)
- 5.ウインチ構成要素の設計IV (軸): 講義形式: 板書 (スライドを併用)  
講義内容:  
曲げとねじりを受ける構造部品  
軸の役割と設計方法  
軸設計 (1)
- 6.ウインチ構成要素の設計IV (軸): 講義形式: 板書 (スライドを併用)  
講義内容: 軸設計 (2)
- 7.ウインチ構成要素の設計V (軸, ブレーキ装置): 講義形式: 板書 (スライドを併用)  
講義内容:  
軸設計 (3)  
ブレーキ装置の構造と設計

各自設計課題の提示

8.設計書の作成Ⅰ

演習：各自設計課題による設計書作成: 演習：各自設計課題による設計書作成

9.設計書の作成Ⅱ

演習：各自設計課題による設計書作成:

10.設計書の作成Ⅲおよび設計書の提出

演習：各自設計課題による設計書作成:

11.設計書の返却と修正方法、製図作成の注意点: 講義形式：スライド

講義内容：

設計書を返却し、修正点および再提出等の判定結果を提示する。

注意すべき一般的な修正点と修正方法について講義する。

製図についての注意点を説明する。

12.組立図の製図

演習：各自設計課題による設計書修正と製図作成:

13.部品図の製図Ⅰ

演習：各自設計課題による製図作成:

14.部品図の製図Ⅱ

演習：各自設計課題による製図作成:

15.部品図の製図Ⅲと提出

演習：各自設計課題による製図作成:

### 学習課題（予習・復習）

1.【事後学修】（1）配布された参考資料について、「はじめに」と「設計課題」について熟読して理解する。

（2）配布された参考資料にある項目（「1・1ワイヤロープ」など）を確認しておく。

（3）配布された予定表をスケジュール帳などに記載しておく。

2.【事前学修】配布資料1・1, 1・2を熟読しておく。【事後学修】講義内容に照らして、配布資料1・1の「課題の計算」について設計のフローを理解し、条件を変更して計算できるようにする。

3.【事前学修】配布資料1・3を熟読し、理解しておく。【事後学修】講義内容に照らして、配布資料1・2の「課題の計算」につ

いて、条件を変更して計算する。

歯車装置の形状と構造を理解し、歯数比の導出が自分で行えるようにする。

4.【事前学修】材料力学における片持ちはりの曲げ応力を復習しておく。【事後学修】講義内容に照らして、配布資料1・3の「課題の計算」について、条件を変更して計算する。

円ピッチの計算式について、講義内容に照らして意味を理解する。

5.【事前学修】配布資料1・4, 1・5, 1・7について熟読しておく。可能な範囲で1・10にも目を通しておく。【事後学修】配布資料1・4と1・5について再度熟読し、負荷条件を構造と使用条件に照らして列挙しておく。

6.【事前学修】材料力学における両端単純支持はりの曲げモーメントを復習しておく。【事後学修】配布資料1・4と1・5について再度熟読し、負荷条件を構造と使用条件に照らして列挙しておく。

講義内容に照らして、相違や共通点を判別しておく。

7.【事前学修】配布資料1・4と1・5の「課題の計算」を熟読し、問題点を明らかにしておく。

配布資料1・8を熟読しておく。【事後学修】配布資料をすべて（講義で説明したところ以外を含めて）熟読し、設計課題に対する設計書作成のフローを計画する。

8.

9.

10.

11.【事前学修】2年次後期の機械設計製図基礎のテキスト（森北出版「JIS機械製図」）を復習しておく。

ねじや粗さ表記、はめあい...など基本項目すべてについて、どのページに標記されているかを確認しておく。【事後学修】指定された設計書の修正点について、配布参考資料を再度熟読し、修正する。

12.

13.

14.

15.【事後学修】製図の合否を確認の上、再提出者は指摘事項に関して製図および設計書を修正する。

# 機械設計製図 II

## Machine Design and Drawing II

学期 後期 開講時間 水 1, 2, 9, 10 単位 1 対象 工学部機械工学科, 3年生以上に進級していることを受講条件とする。 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 必修 授業の方法 講義, 演習, 実習 授業の特徴 その他、能動的要素を加えた授業（ミニツツペーパー、シャトルカードなど）

担当教員 丸山直樹（講義・演習・実習，工学研究科機械工学専攻），西村 顕・安藤 俊剛・鎌田 泰成（CAD実習，各工学研究科機械工学専攻）

### 授業の概要

熱エネルギー変換機器としてディーゼルエンジンを取り上げ、サバテサイクルの計算を行うと共に、主要部品の設計を行う。また、サイクル計算に基づいて  $p-V$  線図・ $p-\theta$  線図・クランク回転トルク線図を描くことでサイクルの特徴を理解すると共に、最終的に設計部品の図面を作成する。

各自個別の設計データに基づいて計算・製図を行い、個々に添削・検図を行う。設計の途中では、いくつかの制約条件を克服しながら前へ進んでいく必要があるため、完了時に、一つの仕事を成し遂げた満足感を味わうことができる。

CADについては、CAD操作方法の修得と機械構造部品の製図を行う。

**学習の目的** 実機を想定した設計の考え方を修得できるようになる。また、設計製図の仕上げとして、機械工学専攻生として設計図を描けるようになる。

**学習の到達目標** 燃料空気サイクルの理解、製図を通して具体的な設計製図を理解する。また、CADを体験し、機能と基本的な操作法を修得する。機械設計製図としては本授業が最終となる。将来、機械図面を読み、描ける機械技術者になれるようにする。

**本学教育目標との関連** 感性、主体性、専門知識・技術、論理的・批判的思考力、表現力(発表・討論・対話)、問題発見解決力

**受講要件** 機械設計製図基礎およびIを履修し、設計製図の基礎知識を完全に修得していること。本授業では多数の図面を描くので、受講に先立ち、設計製図の基本（例えば、吉澤編著、「JIS機械製図」森北出版）を復習しておくこと。

**予め履修が望ましい科目** 「工業熱力学及び演習」と「エネルギー変換工学I・II」で得た知識を総合してディーゼルエンジンの設計を行う。また、製図に関しては「機械設計製図基礎・I」で学んだ知識が必要である。

**発展科目** 本授業は、機械設計製図の仕上げの位置づけにあるので、履修上の今後の関連科目は特にない。しかし、とくに卒業

研究で実験の研究を行う人にとっては、実験装置製作の上でたいへん関連が深いものとなる。

### 教科書

ディーゼルエンジンの設計（機械設計法(2)）（高橋和・太田安彦，パワー社）

新編JIS機械製図（吉澤武男編著，森北出版）

（授業で、設計計算に必要なプリントおよびCAD操作説明資料を多数配布する）

**参考書** ディーゼル機関設計法（大道寺達，工学図書）など

**成績評価方法と基準** 出席は必要条件であり、9割以上出席した人を単位認定の対象とする。成績認定には、課題を全て提出、検図することを条件とする。成績評価は、課題調査（6点）設計計算書（30点）、製図図面（34点）、CAD（20点）、検図（10点）の合計100点で行う。合格点を60点とし、合計点数/10を四捨五入して最終成績とする。最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 授業終了後に講義室で受ける。また、機械創成棟3階丸山教員室（2311室）にて対応。電子メールによる受け付けは随時可。

**授業改善への工夫** 設計製図の教育にはきめ細かい指導が必要である。本講義では、受講者一人ひとりに異なる設計データを与え、自学を意識している。計算書に関しては3回に分けた提出についてそれぞれ添削を行っている。また、製図図面に関しては個別に検図指導を行って、不十分な箇所を指摘、解説している。

### その他

設計計算の途中に多数の制約条件を設けてあるので、受講者はその部分を克服しながら前へ進んでいく必要がある。それらを克服するための試行錯誤こそが設計の原点であり、そのために受講生に与える設計データと計算手順には工夫を施している。このことにより、受講者は、完成時に一つの仕事を成し遂げた満足感を味わうことができる。

本授業の修得は、4年生進級のための必要条件である。

### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 機械設計，製図，内燃機関，ディーゼルサイクル，サバテサイクル，CAD

**Keywords** Mechanical design, Drawing, Internal combustion engine, Diesel cycle, Sabathe cycle, CAD

### 学習内容

講義の初回に詳細な学習内容とスケジュールを改めて提示するが、概要は以下の通り。授業時間外に、計算書作成，図面作成に多大な時間を要する。

第1回 授業全体の内容説明。燃料空気サイクルの計算法を解説（その1）。

第2回 個人設計条件提示，燃料空気サイクルの計算法を解説。個人設計開始。

第3回 サイクル計算（前半）。添削。

第4回 サイクル計算（後半）。

第5回 各種線図作成方法解説。サイクル計算結果提出。添削。

第6回 エンジン構成主要部品設計方法解説。

第7回 エンジン構成主要部品設計方法解説（つづき）。

第8回 製図法講義。各種線図提出。添削。

第9回 製図法講義。部品設計結果提出。添削。

第10回 製図法講義。

第11回 部品製図提出（クランク軸）。添削。

第12回 <個人検図期間>

第13回 部品製図提出（連接棒関連）

第14回 部品製図提出（ピストン関連）

第15回 組み立て図提出

CAD実習は、講義と平行して4回行う。

第1回 CAD製図の学習意義，画層・線種，作図方法，各種作図補助機能の解説

第2回 （第1回の続き）

第3回 「V字ブロック」・「パッキング押さえ」製図実習

第4回 （第3回の続き）

### 学習課題（予習・復習）

多数の課題を課すので、計画的かつ確実に全課題を提出することが重要である。理由無く提出期限に遅れた場合には、極度に低い評価となるので注意すること。

本設計では、各自のアイデアに基づいて設計する部分が多くある。計算書作成時には計算の根拠を、図面作成時にはその構造の根拠を十分に説明出来るよう、事前準備を要す。

# 機械工学実験及び実習 I

Mechanical Engineering Laboratory I

学期 前期 開講時間 金 5, 6, 7 単位 1 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選択 必修 授業の方法 講義, 実験, 実習

授業の特徴 グループ学習の要素を加えた授業, その他, 能動的要素を加えた授業 (ミニツツペーパー, シャトルカードなど)

担当教員 機械工学科各教員

**授業の概要** 本実験実習は機械工学の全ての分野に必要な知識を体得するものであり, 専門教育分野の講義内容をより具体的に理解するために, 実際に手を動かして作業することが重要である. これにより, 将来の機械工学を担う学生の創造性を高め, ものづくりに強い意欲を持つ技術者を養成することを目的とする.

## 学習の目的

実験手法に習熟する。  
データ処理や分析が身につく。  
実験結果を考察し、結論を導く力が養われる。  
文章作成する力が養成される。

## 学習の到達目標

実験手法に習熟する。  
データ処理や分析が身につく。  
実験結果を考察し、結論を導く力が養われる。  
文章作成する力が養成される。

**本学教育目標との関連** 感性, 共感, 主体性, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 表現力(発表・討論・対話), リーダーシップ・フォローシップ, 問題発見解決力

## 受講要件

実験実習には危険を伴う場合があるので, 学生教育研究災害傷害保険等には必ず加入すること。  
また, 実験に適切な服装で受講すること。

**予め履修が望ましい科目** この授業は, 専門教育科目中の必修科目をより具体的に理解するために行う実験実習である. したがって, ほとんど全ての専門教育科目と関係している.

**発展科目** 機械工学実験及び実習 II, 機械工学実験及び実習 III, 卒業研究

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

金属・半導体・絶縁体, 電気伝導率, 自由電子論, バンド理論, マティエセンの法則, 4端子法, 液体窒素  
画像処理  
自由振動, 強制振動, 固有振動数, 共振, 共振曲線  
硬さ試験, ブリネル硬さ, ロックウェル硬さ, ビッカース硬さ  
熱電対, 平衡状態図  
圧縮試験, 応力ひずみ曲線, 加工硬化, JIS規格  
管内流, 摩擦損失, 層流, 乱流, 流量  
比熱比, 定容比熱, 定圧比熱, 断熱変化, 等温変化  
ハーゲン・ポアズイユの法則, 粘度  
旋盤, ボール盤, フライス盤, NC

### Keywords

Metal, Semiconductor, Insulant, Electrical conductivity, Free-electron theory, band theory, Matthiessen's rule, Four-terminal sensing, Liquid nitrogen  
Image processing  
Free vibration, Forced vibration, Natural frequency, Resonance, Response curve  
Hardness test, Brinell hardness, Rockwell hardness, Vickers hardness  
Thermocouple, Equilibrium diagram  
Compression test, Stres-strain curve, Work hardening, JIS standard  
Pipe flow, Friction loss, Laminar flow, Turbulent flow, Flowrate  
Ratio of specific heat, Specific heat at constant volume, Specific heat at constant pressure, Adiabatic change, Isothermal change  
Hagen-Poiseulle's Law, Viscosity  
Lathe, Drilling machine, Milling machine, Numerical control

**教科書** 機械工学実験及び実習 I 手引書 (三重大学工学部機械工学科編)

**参考書** テーマ毎に手引書に記されているので, 参考にすること。

## 成績評価方法と基準

全ての実験実習に出席し, 課題レポートを提出することが単位取得の条件である. 実験テーマの内容に応じて, 当日レポートや後日レポートを課す (あるいは両方のレポートを課すこともある) ことによって評価する. なお, いずれのレポート形式の場合でも, 1つでも課題未提出のテーマがあればそのテーマを不合格とし, 機械工学実験及び実習 I の単位を認定しない.

評価は, 各テーマ10点で採点し, 全10テーマの総計100点満点で評価する. 総計点数/10を四捨五入して最終成績とし, 最終成績6以上を合格とする.

**オフィスアワー** 原則として金曜日の昼休みに各担当教員の教員室にて対応する. 教員室番号等については手引書の記載を参照すると共に, 授業中に案内される.

## 授業改善への工夫

- ・テーマ間で内容に重複がないように実験実習の内容を再編した.
- ・創成型教育実習室の創設により, パソコンを用いた実験実習が効果的に行えるようにした.

## その他

機械工学実験及び実習 I では, 専門教育の中でも基礎となる分野の実験及び実習を行う. そのため, 専門知識が浅い状態でも理解できるように実験前の説明には十分な時間をかけるようにしている.  
なお, 卒業研究を履修するためには, 本授業を修得する必要がある.

## 学習内容

班分けすることにより, 以下の授業内容を全て教授する. 括弧内は担当の研究分野を示す.

1回目から12回目までは, 以下の実験を各班に分かれておこなう.

各回は3コマ分の授業時間を使う.

- 1-1 4端子法による金属・半導体の電気伝導率測定 (量子応用工学研究室)
- 1-2 コンピュータによる機械制御 (知能ロボティクス研究室)
- 1-3 強制調和励起を受ける1自由度振動系の応答 (人間支援システム研究室)
- 1-4 硬さ試験 (生体システム工学研究室)
- 1-5 熱電対の校正とその利用 (材料機能設計研究室)
- 1-6 繰り返し圧縮試験による変形抵抗の測定 (集積加工システム研究室)
- 1-7 管内流の摩擦損失と流量測定 (エネルギー環境工学研究室)
- 1-8 気体の比熱比の測定 (熱エネルギーシステム研究室)
- 1-9 ポアズイユ流れと粘性係数の測定 (流動制御研究室)
- 1-10 機械工作実習 I・旋盤盤作業 (実習工場)
- 1-11 機械工作実習 II・ボール盤作業 (実習工場)
- 1-12 機械工作実習 III・フライス盤作業・NC実習 (実習工場)

各テーマの内容に応じて課題を与える. 内容に関しては, 手引書の記載項目及び実験当日の指示による.

**学習課題 (予習・復習)** テーマによっては, 事前調査課題が設けられている場合があるので, 受講に先立ちテキストを熟読すること。

# 機械工学実験及び実習 II

## Mechanical Engineering Laboratory II

**学期** 後期 **開講時間** 月5, 6, 7 **単位** 1 **対象** 工学部機械工学科 **年次** 学部(学士課程): 3年次 **選択** 必修 **授業の方法** 講義, 実験, 実習  
**授業の特徴** グループ学習の要素を加えた授業, その他、能動的要素を加えた授業 (ミニツツペーパー、シャトルカードなど)  
**担当教員** 機械工学科各教員

**授業の概要** 本実験実習は機械工学の全ての分野に必要な知識を体得するものであり、専門教育分野の講義内容をより具体的に理解するために、実際に手を動かして作業することが重要である。これにより、将来の機械工学を担う学生の創造性を高め、ものづくりに強い意欲を持つ技術者を養成することを目的とする。

### 学習の目的

実験手法に習熟する。  
データ処理や分析が身につく。  
実験結果を考察し、結論を導く力が養われる。  
文章作成する力が養成される。

### 学習の到達目標

実験手法に習熟する。  
データ処理や分析が身につく。  
実験結果を考察し、結論を導く力が養われる。  
文章作成する力が養成される。

**本学教育目標との関連** 感性、共感、主体性、専門知識・技術、論理的・批判的思考力、表現力(発表・討論・対話)、リーダーシップ・フォロワーシップ、問題発見解決力

### 受講要件

実験実習には危険を伴う場合があるので、学生教育研究災害傷害保険等には必ず加入すること。  
また、実験に適切な服装で受講すること。

**予め履修が望ましい科目** この授業は、専門教育科目中の必修科目をより具体的に理解するために行う実験実習である。したがって、ほとんど全ての専門教育科目と関係している。

**発展科目** 機械工学実験及び実習III, 卒業研究

**教科書** 機械工学実験及び実習II 手引書 (三重大学工学部機械工学科編)

**参考書** テーマ毎に手引書に記されているので、参考にすること。

### 成績評価方法と基準

全ての実験実習に出席、課題レポートを提出することが単位取得の条件である。実験テーマの内容に応じて、当日レポートや後日レポートを課す(あるいは両方のレポートを課すこともある)ことによって評価する。なお、いずれのレポート形式の場合でも、1つでも課題未提出のテーマがあればそのテーマを不合格とし、機械工学実験及び実習IIの単位を認定しない。

評価は、各テーマ10点で採点し、全10テーマの総計100点満点で評価する。総計点数/10を四捨五入して最終成績とし、最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 原則として月曜日の昼休みに各担当教員の教員室にて対応する。教員室番号等については手引書の記載を参照すると共に、授業中に案内される。

### 授業改善への工夫

- ・テーマ間で内容に重複がないように実験実習の内容を再編した。
- ・創成型教育実習室の創設により、パソコンを用いた実験実習を効果的に行うようにした。

### その他

機械工学実験及び実習IIでは、機械工学実験及び実習Iと同様に専門教育の中でも基礎となる分野の実験及び実習を行う。そのため、専門知識が浅い状態でも理解できるように実験前の説明には十分な時間をかけるようにしている。

なお、卒業研究を履修するためには、本授業を修得する必要がある。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

強制振動, 振動制御, 共振, 減衰系, 連続体の振動, USB, 発光ダイオード, 力学的物理量  
動吸振器, 最適設計  
引張試験, ヤング率, ポアソン比, ひずみゲージ  
顕微鏡組織, 鋼, 鋳鉄  
切削方法, 加工精度, 切削条件, 切削動力計, 切削理論  
抵抗係数, ピトー管, 圧力分布, 圧力係数, 粘性流, 剥離  
ガソリン機関, オットーサイクル, OHV  
乱流, 二次元自由噴流, 速度分布  
旋盤, ボール盤, フライス盤, NC

### Keywords

Forced vibration, Vibration control, Resonance, Damped system, Vibration of Continuum  
USB, LED, Physical quantity  
Dynamic vibration absorber, Optimal design  
Tensile test, Young's modulus, Poisson's ratio, Strain gage  
Microstructure, Steel, Cast iron  
Machining method, Processing accuracy, Machining condition, Tool dynamometer, Machining theory  
Drag coefficient, Pitot tube, Pressure distribution, Pressure coefficient, Viscous flow, Flow separation  
Gasoline engine, Otto cycle, OHV  
Turbulent flow, Two dimensional free jet, Velocity profile  
Lathe, Drilling machine, Milling machine, Numerical control

### 学習内容

班分けすることにより、以下の授業内容を全て教授する。括弧内は担当の研究分野を示す。

1回目から12回目までは、以下の実験を各班に分かれておこなう。各回は3コマ分の授業時間を使う。

- II-1 共振法による振動解析と光散乱による粗さ評価 (量子応用工学研究室)
  - II-2 コンピュータによる機械制御 (知能ロボティクス研究室)
  - II-3 回路を用いたPD制御による制御と振動の理解 (人間支援システム研究室)
  - II-4 材料の機械的性質 (引張試験) (生体システム工学研究室)
  - II-5 鋼の顕微鏡組織の観察 (材料機能設計研究室)
  - II-6 切削および切削抵抗 (集積加工システム研究室)
  - II-7 円柱の流体抵抗 (エネルギー環境工学研究室)
  - II-8 エンジンの理論と実機構造 (熱エネルギーシステム研究室)
  - II-9 噴流の速度分布の測定 (流動現象学研究室)
  - II-10 機械工作実習I・旋盤盤作業 (実習工場)
  - II-11 機械工作実習II・ボール盤作業 (実習工場)
  - II-12 機械工作実習III・フライス盤作業・NC実習 (実習工場)
- 各テーマの内容に応じて課題を与える。内容に関しては、手引書の記載項目及び実験当日の指示による。

**学習課題 (予習・復習)** テーマによっては、事前調査課題が設けられている場合があるので、受講に先立ちテキストを熟読すること。

# 機械工学実験及び実習III

Mechanical Engineering Laboratory III

学期 前期 開講時間 月5,6,7 単位 1 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 4年次 選択 必修 授業の方法 講義, 実験, 実習

授業の特徴 問題提示型PBL (事例シナリオ活用含), 問題自己設定型PBL, プロジェクト型PBL, 実地体験型PBL

担当教員 機械工学科各教員

**授業の概要** 将来の機械工学を担う学生の創造性を高め、物作りに強い意欲をもつ技術者を養成するために、「ロボットアームの軌道計画」、「コンピュータ支援ものづくりシステム」、「OpenFOAMによる、熱・流体シミュレーション」のうち、1テーマの実験及び実習を行う。各実験実習テーマとも数回の手順に従った実験、数回の自主性を重視した創成型実験およびプレゼンテーション時間を設け、具体的な問題解決を、自ら考え、実行でき、表現できる能力を養成する。

**学習の目的** 実験⇒問題点発見⇒再実験を繰り返すことにより、問題発見力、問題解決力を養成する。また、結果を報告するプレゼンテーション力も養成する。

**学習の到達目標** 実験⇒問題点発見⇒再実験を繰り返すことにより、問題発見力、問題解決力を養成する。また、結果を報告するプレゼンテーション力も養成する。

**本学教育目標との関連** 感性, 主体性, 専門知識・技術, 表現力(発表・討論・対話), リーダーシップ・フォロワーシップ, 問題発見解決力

## 受講要件

実験実習には危険を伴う場合があるので、学生教育研究災害傷害保険等には必ず加入すること。

実験実習に服装で受講すること。

**予め履修が望ましい科目** 本実験及び実習は、テーマ毎に機械工

学に関するすべての知識を必要とする。さらに、今まで自分が習得した知識以外にも、新しい事柄を自ら調べ、習得することも必要である。

**発展科目** 卒業研究

**教科書** 実験、授業時に配布するプリント

## 成績評価方法と基準

出席は単位を修得するための必須条件である。やむを得ない事由により欠席した場合は、補講または追課題を行う。

評価は、実験、プレゼンテーション等を総合して行う。

## オフィスアワー

各テーマの代表連絡先を以下に示す。なお、実験・授業中に指定された場合はそちらに連絡すること。

- ・ロボットアームの軌道計画 池浦教員
- ・コンピュータ支援ものづくりシステム 川上教員
- ・OpenFOAMによる、熱・流体シミュレーション 丸山教員

**授業改善への工夫** 学生の自主性を重んじ、議論の場を多く設けている。

**その他** 各実験実習テーマとも数回の手順に従った実験、数回の自主性を重視した創成型実験およびプレゼンテーション時間を設け、具体的な問題解決を、自ら考え、実行でき、表現できる能力を養成する。

## 授業計画・学習の内容

### キーワード

ロボティクス, メカトロニクス, プログラミング, CAD/CAM, モデリング, 切削加工, 数値解析, 3Dモデリング

### Keywords

Robotics, Mechatronics, Programming, CAD/CAM, Modeling, Machining, Numerical Simulation, 3D Modeling

### 学習内容

以下のテーマの内、1テーマを実施する。グループ分けおよび具体的なスケジュールについては、開始に先立ち掲示にて案内する。各回は2.5コマ分の授業時間を15回に分けておこなう。

#### ○ロボットアームの軌道計画

シミュレータを用いてロボット手先位置と関節角度との関係を示す座標変換について学習する。使用するロボットは冗長自由度を有するので、軌道計画する上での問題点と逆にそれを有効に使用する方法を修得する。軌道計画したデータを実ロボットにて実行するための手法を学習する。積み木を移動する等の実作業のプログラミングと実行を行い、実行スピードを競い合う。また、ど

こを工夫したかをプレゼンテーションにて発表する。

#### ○コンピュータ支援ものづくりシステム

コンピュータ支援設計・加工(CAD/CAM)に関する実習、コンピュータを用いた情報収集およびプレゼンテーションを下記のように行う。①3次元CADソフトを利用した設計の実習、②NC加工シミュレーションを利用したNC加工法の実習、③インターネットを利用した情報収集の実習、④コンピュータを利用したプレゼンテーション、報告書の作成および電子メールによる提出。

#### ○3D CADを用いた三次元物体のモデル化とそれを用いた物体周りの流れの数値シミュレーション

3次元CADソフトウェアを利用した物体形状のモデル化と、これを用いた物体周りの流れの数値シミュレーションとその結果の評価を通して、シミュレーションソフトウェアパッケージの使用法を習熟する。

また、工業上広く使われる計算手法・乱流モデルなどについて調査報告を行う。

**学習課題(予習・復習)** テーマによっては、事前調査課題が設けられている場合があるので、受講に先立ちテキストを熟読すること。

# 交通機械

## Transportation Engineering

**学期** 前期 **開講時間** 金 7, 8, 9, 10 **単位** 2 **対象** 工学部総合工学科機械工学コース 1年次より機械工学コース決定の1年生 総合工学コースからの機械工学コース配属の2年生 **年次** 学部(学士課程): 1年次, 2年次 **選/必** 選択 **授業の方法** 講義 **授業の特徴** 地域理解・地域交流の要素を加えた授業, キャリア教育の要素を加えた授業

**担当教員** 竹市直, 松本光一郎, 川辺真希子 (各機械工学コース非常勤講師)

**授業の概要** 鉄道車両, 航空機及び船舶の交通機械について, 工学的見地よりその現状, トピックス, 将来展望などについて概説する. 実際に交通機械の製造・設計・研究に携わっている企業の技術者の立場で, 今後専門教育で修得する知識が, 実際にどのような機械技術に反映されて行くのかを講述する. また, 専門科目で修得していない基礎的な内容や, 社会と技術とのかかわりに関しても解説する.

**学習の目的** 交通機械として代表的な鉄道車両, 航空機及び船舶の概要を理解すると共に, 今後の専門履修科目と実際との関連性を理解する.

**学習の到達目標** 交通機械として代表的な鉄道車両, 航空機及び船舶の概要を理解すると共に, 今後の専門履修科目と実際との関連性を理解する.

**本学教育目標との関連** 感性, 幅広い教養, 専門知識・技術, 社会人としての態度・倫理観

### 発展科目

鉄道工学: 「機械設計」, 「材料力学」が関連する.

航空工学: 「流体力学及び演習」, 「流体機械システム工学」, 「制御工学及び演習」が関連する.

船舶工学: 「流体力学及び演習」, 「流体機械システム工学」が関連する.

### 教科書

- ・鉄道工学: 自作プリントを配布する.
- ・航空工学: 自作プリントを配布する.
- ・船舶工学: 自作プリントを配布する.

### 参考書

- ・鉄道工学: 「電車のメカニズム」(谷藤克也、ナツメ社)
- ・航空工学: Aircraft Flight (R.H.Barnard etc.:Longman Scientific&Technical). 航空工学概説(村山 堯:日刊工業). 自作プリントを配布する.
- ・船舶工学: 自作プリントを配布する.

### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 交通機械, 輸送機器, 鉄道車両, 船舶海洋機器システム, 航空工学

### Keywords

Transportation engineering, Transportation equipment, Rolling stock, Marine transportation system, Aeronautical engineering

### 学習内容

鉄道工学(5回), 航空工学(5回)および船舶工学(5回)に関して講義を行う. 各回の内容は以下の通りである. ただし, 講師の都合により順序が入れ替わる場合がある.

- 第1回 鉄道一般(定義、歴史、システム構成など)
- 第2回 車両の構造(分類、車体、台車など)

### 成績評価方法と基準

鉄道工学: 出席は必要条件であり, 6割以上出席した者に対して単位を与える. 評価は, 宿題レポート及び鉄道車両の性能に関する問題の合計100点を満点とし, 55点以上を合格とする.

航空工学: 出席は必要条件であり, 6割以上出席した者に対して単位を与える. 評価は, 宿題レポート100点の55点以上を合格とする. 宿題レポートは, 講義内容から7問程度の問題を設定する.

<レポート評価のキーワード>

- ・講義内容の理解度
- ・資料調査等への努力/意欲
- ・筆記・プレゼンテーションへの配慮(わかり易さ, ていねいさ)

船舶工学: 出席は必要条件であり, 6割以上出席した者に対して単位を与える. 評価は, 試験(100点満点)の55点以上を合格とする.

上記3分野の平均点/10を四捨五入して成績とし, 6以上を合格とする. なお, 1テーマでも不合格の場合には, 単位を認定しない.

**オフィスアワー** 講義直後に講義室にて対応.

### 授業改善への工夫

鉄道工学: パソコンを使用して画像やビデオの併用によって, 関心度、理解度の向上を図る.

航空工学: パソコンと板書を併用し, 説明にメリハリをつけるとともに, 授業の効率を上げる.

船舶工学: ビデオ、パソコンを利用し, 視覚的にとらえるように努める.

### その他

鉄道工学: 講義内容に関連した身近な出来事・話題などについても説明する.

航空工学: 写真, ビデオを活用し, 興味を持って学習出来るように工夫する.

船舶工学: 海上輸送、海洋構造物に関するビデオの上映、それに関連する演習などを実施し、講義内容が全体として融合するように努める.

第3回 運転理論(粘着、列車抵抗、加減速など)

第4回 制御・制動(動力伝達、ブレーキシステム, 安全など)

第5回 その他(特殊な鉄道、鉄道の特徴と役割など)

第6回 航空機一般(航空の歴史, 航空機産業の現状)

第7回 航空機に働く力(揚力, 抗力, 主翼形状)

第8回 航空機の性能(推進装置, 性能計算)

第9回 航空機の運動(飛行性, 離着陸)

第10回 航空機のしくみ(構造, 計器, 飛行制御)

第11回 輸送機器としての船

第12回 浮力と復原力

第13回 海を走る

第14回 船を造る

第15回 これからの造船、海洋環境保全



# 自動車工学

Automobile Engineering

学期 前期 開講時間 金 1, 2, 3, 4 単位 1 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選/必 選択 授業の方法 講義 授業の特徴  
キャリア教育の要素を加えた授業, その他、能動的要素を加えた授業 (ミニツッペーパー、シャトルカードなど)  
担当教員 小林 慎一, 杉本洋一 (各機械工学科非常勤講師)

## 授業の概要

自動車工学は内燃機関と車両工学の2分野に分けて講義を行う。

内燃機関は機構学, 機械力学, 流体力学, 伝熱・熱力学, 化学・燃焼工学, 潤滑工学, 電気工学, 材料工学などの分野に関わりを持ち, 且つ経験を基に体系化された工学分野である。講義ではHondaにおける経験を基に, 図表を用いて平易に解説し, 内燃機関の基本項目について理解を図る。また, 内燃機関の将来像について, グループディスカッションおよび全体討議を行い, 今後の内燃機関技術の方向性について知識, 理解を深める。

車両工学では, 次世代環境技術としての取り組みについて, 代表例を紹介しながらその技術を解説する。また, 交通安全の課題とともに, 安全支援システムの歴史, 将来について, 解説する。同時に, 自動運転システムに関しても解説を行う。なお, 講義終了後, グループに分かれ, 自動車の将来像について, グループディスカッションを行う。

**学習の目的** 自動車を学術的な立場から理解すると共に, 内燃機関, 車輛制御について深く学習する。

**学習の到達目標** 自動車を学術的な立場から理解すると共に, 内燃機関, 車輛制御について深く学習する。

**本学教育目標との関連** 感性, 共感, 幅広い教養, 専門知識・技術, 問題発見解決力, 社会人としての態度・倫理観

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 交通機械, 内燃機関, 熱力学, 次世代自動車, 環境技術, 衝突安全性, 予防安全性, 自動運転

### Keywords

Motorcycle, Automobile, Internal combustion engine, Thermodynamics, Nextgeneration car, Environmental technology, Collision safety, Preventive safety, Autonomous drive

### 学習内容

第1, 2回 内燃機関テーマのグループディスカッション発表(小林 講師)  
第3回 討議課題演習

**予め履修が望ましい科目** 内燃機関分野に関しては, 熱・流体工学関連科目, 車輛工学分野に関しては, 力学・制御工学関連科目を履修していることが望ましい。

**発展科目** 内燃機関の基礎としては, 「工業熱力学及び演習」, 「エネルギー変換工学Ⅰ及び演習」がある。車両工学の基礎としては, 「機械力学及び演習」, 「制御工学及び演習」がある。

**教科書** 教員作成のプリントを配布する。

**参考書** 特になし

### 成績評価方法と基準

各テーマとも, 出席は必要条件であり, 各分野それぞれで6割以上出席した者に対して単位を与える。評価は, 各テーマに対して定期試験(合計100点満点)で行い, 55点以上を合格とする。各テーマの得点の平均の1/10を四捨五入して成績とし, 6以上を合格とする。

なお, 1テーマでも不合格の場合には, 単位を認定しない。

**オフィスアワー** 授業直後に講義室にて質問を受け付ける。

**授業改善への工夫** 図表などのプリントを配布し, OHP・スライドとの併用で理解の向上を図る。最新の実用化されている技術例を豊富に用いて, 実的な工学の適用についての理解を図る。

第4, 5回 内燃機関テーマの全体討議(小林 講師)

第6回 討議課題演習

第7, 8回 内燃機関テーマの全体討議(小林 講師)

第9回 討議課題演習

第10, 11回 内燃機関を取巻く状況, 内燃機関の基礎知識(小林 講師)

第12, 13回 環境・エネルギー課題, 次世代環境技術, 安全支援技術, 自動運転(杉本 講師)

第14, 15回 グループディスカッション, 発表(杉本 講師)

以上の講義はそれぞれ集中講義によって行う。講師の都合により, 順序が入れ替わる場合がある。具体的なスケジュールについては, 掲示にて連絡する。

# 生産システム工学

Production Systems

【学期】後期 【開講時間】水5,6,7,8 【単位】2 【対象】工学部機械工学科 【年次】学部(学士課程):3年次 【選/必】選択 【授業の方法】講義 【授業の特徴】地域理解・地域交流の要素を加えた授業, キャリア教育の要素を加えた授業  
【担当教員】田中信弥, 山本直樹, 石井裕, 長谷浩一 (各機械工学科非常勤講師)

**授業の概要** 県下を含む各種企業で産業に携わってきた講師によって、各産業分野における最新の生産システム・工程管理システム・製品評価・マネジメント等について、実践的な視点から講義する。

**学習の目的** 技術産業における、設計、生産・製造、管理、評価に関して学修することで、機械工学科開講科目の実社会での応用例や必要性について理解する。

**学習の到達目標** 設計、生産・製造、管理、評価といった産業における一連の工程について相関を含めて理解できる。それぞれで重視される知識や技術が理解できる。以上によって、実社会（産業）において機械工学科で開講している様々な科目の学修の必要性を理解できるようになる。

**本学教育目標との関連** 幅広い教養, 専門知識・技術, 問題発見解決力, 社会人としての態度・倫理観

**発展科目** 本講義は他の機械工学科開講科目の理解に基づく一つの到達点であり、卒業研究などに発展する。

**教科書** 各担当教員による配布資料を用いる。

**参考書** 産業界における最新事情について講義するため、必要があれば、講義前又は講義中に紹介する。

## 成績評価方法と基準

各テーマとも、出席は必要条件であり、6割以上出席した者に対して単位を与える。評価は、各テーマに対してレポート（100点満点）で行い、成績55点以上を合格とする。

上記3テーマの平均点/10を四捨五入して成績とし、6以上を合格とする。なお、1テーマでも不合格の場合には、単位を認定しない。

**オフィスアワー** 講義終了後に講義室にて対応。

**授業改善への工夫** テーマによってはグループ形式でディスカッションやプレゼンテーションを行い、実際の生産システムを模擬した。

**その他** 実際の生産システムの様子を紹介するに当たり、OHP、パワーポイント、VTR等で視覚的に理解し易いように配慮する。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 研究・開発の管理, 価値連鎖, 生産システム, 生産工学, 工程設計, 生産管理, TFT液晶ディスプレイ, エンジン部品

**Keywords** R&D management, Value chain, Production system, Production engineering, Process design, Production management, TFT-LCD display, Engine parts

### 学習内容

第1テーマ（5回）、第2テーマ（5回）および第3テーマ（5回）の3分野に関して講義を行う。各回の内容は以下の通りである。講師の都合により、開講順序が変更になる場合がある。

- 第1回 自販機の変遷と、生産システムの基本概念（定義・分類、生産計画）
- 第2回 実際のもの作り（自販機の商品化プロセス、量産プロセス）
- 第3回 市場変化への対応（合理化の視点、企画の実際）
- 第4回 生産改革（IT活用による開発・製造刷新など）

第5回 自販機の環境対応と、(参考)トレードオフ型意思決定

第6回 ディスプレイの基本的概念と変遷

第7回 液晶ディスプレイおよび有機ELの構造、動作原理とその応用例

第8回 TFTを用いたディスプレイ（液晶、有機EL）のプロセス技術と生産システム

第9回 TFT液晶ディスプレイの新技術（3D用、電子ブック用、車載用等）

第10回 ディスプレイ技術及び生産システムの最新動向と将来展望

第11回 生産システムの位置づけとバリューチェーン

グループディスカッション

第12回 生産システムの分類と変遷

第13回 自動車部品の量産と切削加工について

グループディスカッション

第14回 加工現場の生産技術

第15回 新しい加工技術

# 知的財産権概論

Intellectual Property

学期 前期集中 単位 1 対象 工学部機械工学科 年次 学部(学士課程): 3年次 選択/必修 選択 授業の方法 講義, 演習 授業の特徴 地域理解・地域交流の要素を加えた授業, キャリア教育の要素を加えた授業  
担当教員 狩野 幹人 (地域イノベーション推進機構), 八神 寿徳 (地域イノベーション推進機構)

## 授業の概要

イノベーション (価値形成) の推進および産業競争力の復活・向上が, 日本経済・産業の発展に必要不可欠であり, それらにおいて知的財産の重要性が挙げられている。知的財産は, その創出, 保護・強化, 活用が基本であり, それらをサイクルして継続することが研究・開発あるいは事業の推進において重要となる。したがって, 将来, 企業や大学において研究・開発を担う人達が知的財産について知識を有することが望まれる。

そこで, 知的財産権 (特許, 意匠, 商標など), 営業秘密等について平易に解説し, その基礎的知識を習得する。特許, 意匠, 商標などの取得方法, その活用についても説明し, 知的財産の有効利用を習得する。更には, 効率的な研究・開発のための特許や商標に関する情報の利用方法についても, 演習により学ぶ。

**学習の目的** 知的財産権の概要を理解するとともに, 活用方法, 特許や商標に関する情報の収集・利用方法, 知的財産権の取得方法を習得することを目的とする。

## 学習の到達目標

1. 特許等の知的財産の意義を理解できる。
2. 特許等の知的財産に関する法律の概略が理解できる。
3. 特許, 意匠, 商標, 営業秘密のあらましについて知識を得る。
4. 演習を通じて特許や商標の検索をおこない, その方法について体験する。

**本学教育目標との関連** 主体性, 幅広い教養, 専門知識・技術, 表現力(発表・討論・対話), 問題発見解決力, 社会人としての態度・倫理

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 知的財産権, 発明, 特許, 新規性, 進歩性, 意匠, 商標, 営業秘密, 特許情報, 商標情報

**Keywords** Intellectual property, Invention, Patent, Novelty, Inventive step, Design, Trade mark, Trade secret, Patent information, Trade mark information

## 学習内容

集中講義であるため, 通常の講義の8回分を以下の内容に分けて講義を行う。

### 第1回

1. 知的財産権の概要
2. 発明と特許 (特許になる発明, 特許権等)

### 観

**発展科目** 知的財産権の背景となる工学的な事例としては, 「生産システム工学」の授業内で一部紹介がある。

**教科書** 特に指定しない。スライドのレジュメを配布する。

## 参考書

特に指定しないが,

1. 事業戦略と知的財産マネジメント (特許庁発行)
2. 産業財産権標準テキスト総合編一 (特許庁発行)
3. 産業財産権標準テキスト特許編一 (特許庁発行)
4. 産業財産権標準テキスト意匠編一 (特許庁発行)
5. 産業財産権標準テキスト商標編一 (特許庁発行)
6. 書いてみよう明細書, 出してみよう特許出願 (特許庁発行) 等が挙げられる。

## 成績評価方法と基準

1. 7割以上出席した者を評価の対象とする。
2. 評価は, 出席とレポートをあわせて総合的に行い, 60点以上を合格とする。

**オフィスアワー** 集中講義の2日間の休憩時間に, 講義室にて対応する。

**その他** 単に教科書での説明でなく, パソコンを使用し, 特許情報プラットフォームにアクセスすることで演習により, 特許や商標の検索を実体験する。

3. 特許・営業秘密の活用と管理
4. 意匠, その活用と管理

### 第2回

5. 商標, その活用と管理
6. 特許情報の検索 (特許情報プラットフォームにアクセスし, パソコンにより演習)
7. 意匠情報の検索 (特許情報プラットフォームにアクセスし, パソコンにより演習)
8. 商標情報の検索 (特許情報プラットフォームにアクセスし, パソコンにより演習)

以上の授業内容を2日間の集中講義によって行う。具体的なスケジュールについては, 掲示にて連絡する。

# 機械工学セミナー

## Mechanical Engineering Seminar

**学期** 前期集中 **単位** 2 **対象** 2018年度以前の入学生の内、単位未修得学生を対象に開講する。 **年次** 学部(学士課程):2年次 **選択** 必修  
**授業の方法** 講義, 演習, 実習 **授業の特徴** 問題提示型PBL (事例シナリオ活用含), 問題自己設定型PBL, プロジェクト型PBL, 実地体験型PBL, プレゼンテーション/ディベートを取り入れた授業, グループ学習の要素を加えた授業, 地域理解・地域交流の要素を加えた授業  
**担当教員** 丸山直樹 (工学研究科機械工学専攻)

### 授業の概要

機械工学の果たす社会的役割, 技術論について学習し, 社会的・国際的に高い視野と先見性を修得する。小グループを形成してこれらに関する課題調査を行い, 意見のとりまとめ, 発表ならびに意見交換を通して自主性, 協調性, 指導力ならびに発表力を養う。

本授業は, PBL (Problem Based Learning) を強く意識した授業である。

**学習の目的** 機械工学専攻の学生として, 社会的・国際的に広い基礎知識を修得すると共に, 将来の技術者として重要なコミュニケーション力を持てるようになる

**学習の到達目標** 専門分野にこだわることなく, 技術者として技術, 経営など広い視野で物事に取り組む姿勢を持てるようになる。

**本学教育目標との関連** 感性, 共感, 主体性, 幅広い教養, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 表現力(発表・討論・対話), リーダーシップ・フォローシップ, 問題発見解決力, 社会人としての態度・倫理観

**受講要件** 本授業では, 小人数によるグループワークを多数取り入れている。開講途中で受講を取りやめると他のメンバーに迷惑がかかるので, 本授業を最後まで受講するという強い意志をもって臨むこと。

**予め履修が望ましい科目** 大学の授業に拘わらず, 身近な現象, 社会情勢についても授業に取り入れているので, 平素より

世の中の流れ, 事象に関心を持つことが望ましい。

**発展科目** 本授業では, 総合的な学習力を養成することを目的としているので, 発展科目としては卒業研究が挙げられる。

**教科書** とくに指定はない。適宜資料の配布を行う。

**参考書** 講義に関しては, 関連する内容の参考書が多数出版されている。

**成績評価方法と基準** 出席は必要条件であり, 9割以上出席した人を単位認定の対象とする。評価は, レポート, 課題調査・報告書作成・発表による合計100点で行う。合格点を60点とし, 合計点数/10を四捨五入して最終成績とする。最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 授業終了後に講義室ならびに機械創成棟3階丸山教員室(2311室)にて対応。電子メールによる受け付けは随時可。

**授業改善への工夫** 通常の講義に加え, 課題調査, 発表, 討論会を多数設けていることを特徴とする。課題調査や討論会では, グループによる協調性ならびにリーダーとしての統率力を修得するため, グループワークの時間を多く設けている。

**その他** 従来から必要と言われながら実施されてこなかった技術者としての多面的な思考力を養成する。従来の専門科目にとらわれず, 技術者として備えておくべき能力について講義と課題発表を通して学ぶ。

### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 多面的思考力, コミュニケーション力, リーダーシップ, 計画性, 自主性, プレゼンテーション力, 財務諸表分析

### Keywords

Multi-faceted perspective, Communication skill, Leadership, Planning ability, Autonomy, Presentation skill, Financial statement analysis

### 学習内容

講義の初回に詳細な学習内容とスケジュールを改めて提示するが, 概要は以下の通り。とくに, 単位未修得者を対象とするために, 受講生が少ない。実施方法を受講生数に応じて変更する。

- 第1回 講義の進め方, プレゼン資料の作成方法説明  
多面的思考力の養成講義
- 第2回 多面的思考力の養成のグループ別討論, 発表資料作成
- 第3回 多面的思考力の養成の報告討論会
- 第4回 地球的視点に立った考え方講義
- 第5回 地球的視点に立った考え方のグループ別討論, 発表資料作成
- 第6回 地球的視点に立った考え方の報告討論会

- 第7回 エンジニアリング法講義
  - 第8回 エンジニアリング法のグループ別討論, 発表資料作成
  - 第9回 エンジニアリング法の報告討論会
  - 第10回 情報リテラシー講義
  - 第11回 情報リテラシーのグループ別討論, 発表資料作成
  - 第12回 情報リテラシーの報告討論会
  - 第13回 財務諸表分析講義
  - 第14回 財務諸表分析のグループ別討論, 発表資料作成
  - 第15回 財務諸表分析の報告討論会
- 調査型課題:

本授業では少人数グループを構成し, 課題調査・グループ討論, 調査結果の報告書作成, 報告討論会での発表の一連の作業を行う。グループリーダーは, メンバーが調査した内容を報告書としてまとめると共に, 発表する。リーダーは各回で交代し, 受講生全員がいずれかのテーマのグループリーダーを担当する。報告討論会では, 発表内容を題材に授業参加者が意見交換する。

**学習課題(予習・復習)** 本授業では, 課題に対する積極的な調査, メンバーとの連携, グループワークが重要となる。課題調査にはグループで共有するものが多く, 情報共有と期日厳守が重要である。

# 創成デザイン

Creative Design

**学期** 後期 **開講時間** 月 8, 9, 10 **単位** 1 **対象** 工学部機械工学科 (2018年度以前の入学者) **在次** 学部(学士課程): 2年次 **選択** 必修  
**授業の方法** 講義, 演習, 実験, 実習, 実技 **授業の特徴** 地域理解・地域交流の要素を加えた授業, その他、能動的要素を加えた授業 (ミニツツペーパー、シャトルカードなど)  
**担当教員** 鎌田 泰成 (工学研究科機械工学専攻)

**授業の概要** 機械設計・製作を交えて正解のない問題に対する発想力, 種々の学問・技術を統合する能力を養うことを目的とする。とくにPDCAを取り入れ, 試行錯誤を繰り返しながら改善する。

**学習の目的** 将来の技術者として重要な発想力, 創造力を修得する。

**学習の到達目標** 作品の設計から製作までの一貫の作業により, 総合的なモノ作りの感覚を修得する。

**本学教育目標との関連** 感性, 主体性, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 表現力(発表・討論・対話), 問題発見解決力

**受講要件** 本授業ではモノ作りの作業を行うので, 学生教育研究災害傷害保険等に必ず加入すること。

**予め履修が望ましい科目** 本授業は, これまで受講してきた科目全般と関連するが, 過去の経験や課題に対して興味を持つことが重要である。大学の授業に拘わらず, 身近な事象にも関心を持つことが望まれる。

**発展科目** 本授業では, 総合的な学習力を養成することを目的と

しているため, 発展科目としては, 機械設計製図, 卒業研究が挙げられる。

**教科書** とくに指定はない。適宜資料の配布を行う。

**参考書** 講義ならびに設計に関しては, これまで専門科目で利用してきた教科書等を広く使用する。また, 自身の設計に参考となる書籍を自主的に調査することも必要となる。

**成績評価方法と基準** 出席は必要条件であり, 9割以上出席した人を単位認定の対象とする。評価は, 設計書, 作品および報告書により合計100点で行う。合格点を60点とし, 合計点数/10を四捨五入して最終成績とする。最終成績6以上を合格とする。

**オフィスアワー** 授業終了後に講義室ならびに機械創成棟4階 鎌田教員室 (2408室) にて対応。電子メールによる受け付けは随時可。

**授業改善への工夫** ある事象を対象として構想から製作までを一貫して行い, モノ作りを体感すると共に, 試行錯誤を交えた“創成能力”を育成する。

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 創造力, デザイン能力, 自主性

**Keywords** Creativity, Ability for design, Independence

### 学習内容

講義の初回に詳細な学習内容とスケジュールを改めて提示するが, 概要は以下の通り。本授業は実習を伴うため, 3時限を10週行う予定である。

- 第1回 講義の進め方。課題提示。設計指針。設計。
- 第2回 設計製作1
- 第3回 測定1・第1回報告書作成
- 第4回 第1回報告会

第5回 設計製作2

第6回 測定2・第2回報告書作成

第7回 第2回報告会。

第8回 設計製作3

第9回 測定3・最終報告書作成

第10回 最終報告会

各設計書と報告書は, Microsoft Powerpointを使用し, シナリオを付けて作成, 印刷したものとする。

**学習課題 (予習・復習)** 各自の発想力が重要となる。課題に関して常日頃から考慮することが望まれる。報告書などの提出については, 期日厳守が重要である。

# 工場見学

Factory tour

**学期** 通年 **単位** 1 **対象** 工学部機械工学科 **年次** 学部(学士課程): 1年次, 2年次, 3年次 **選/必** 選択 **授業の方法** 実習 **授業の特徴** 地域理解・地域交流の要素を加えた授業, キャリア教育の要素を加えた授業, その他、能動的要素を加えた授業 (ミニッツペーパー、シャトルカードなど)

**担当教員** 担任教員

**授業の概要** 生産現場を見学し、勉学に資することを目的に、入学年次から近隣地域を含め、東海、関西地区を中心とした工場、企業を多数見学する。通常日帰りであるが、宿泊を伴う見学も実施する。

**学習の目的** 見学を通して、将来の就業分野の選択に役立てると共に、機械工学の各科目と産業との関わりを知る。

**学習の到達目標** 見学を通して、将来の就業分野の選択に役立てると共に、機械工学の各科目と産業との関わりを知る。

**本学教育目標との関連** 感性, 共感, 幅広い教養, 専門知識・技術, 表現力(発表・討論・対話), リーダーシップ・フォロワーシップ, 社会人としての態度・倫理観

## 授業計画・学習の内容

**キーワード** 職業体験、生産活動、実地見学

**Keywords** Workplace experience, Manufacturing, Field trip

## 受講要件

危険を伴う見学は少ないが、見学先までの交通など学外活動を伴うので、学生教育研究災害傷害保険等に必ず加入すること。

また、見学に支障のない服装(靴履き、スラックスなど)で参加すること。

**発展科目** 機械工学全般に関連する。

**成績評価方法と基準** 見学の出席回数、レポート等により評価する。担任教員から指示する。

**オフィスアワー** 担任教員が対応する。

**授業改善への工夫** 見学内容に関するレポートを課す場合がある。

**学習内容** 担任教員より指示する。掲示板を確認すること。

# 工場実習

## Practices in Factory

**学期** 通年 **単位** 1 **対象** 工学部機械工学科 **年次** 学部(学士課程): 2年次, 3年次, 4年次 **選/必** 選択 **授業の方法** 実習 **授業の特徴** インターンシップ, 地域理解・地域交流の要素を加えた授業, キャリア教育の要素を加えた授業, その他、能動的要素を加えた授業 (ミニッツペーパー、シャトルカードなど)

**担当教員** クラス担任教員

**授業の概要** インターンシップとも呼ぶ。職業選択に役立ち、専門知識の学修に対する目的意識の確立のため、民間企業や各種団体・自治体等の協力を仰いで、2, 3年次または4年次の夏期またはその他の時期に就業体験をする。アルバイトとは異なり、将来就くべき職業例を体験できる。学習内容は、受け入れ先によって異なるが、実習期間は2〜3週間である。

**学習の目的** 受け入れ先企業での実際の就業体験を通じて、機械工学科開講科目の必要性を理解するとともに、将来の職業選択の方向性を考えることができるようになる。

**学習の到達目標** 受け入れ先企業で実際の就業体験と共に、社会人としてのマナーや適切な行動を理解できるようになる。将来の職業選択において実社会で必要とされる知識やスキルについて理解するとともに、現在の能力についての自己分析ができるようになる。以上により機械工学科開講科目を学修する必要性を理解できるようになる。

**本学教育目標との関連** 感性, 共感, 主体性, 幅広い教養, 専門知識・

### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 就業体験

**Keywords** Internship

**学習内容** 研修先企業とのマッチングについては、3年生クラス担任が担当する。掲示等にて案内がされるので、受講希望者は掲

示板に注意すると共に、クラス担任に相談すること。

技術, 論理的・批判的思考力, 表現力(発表・討論・対話), リーダーシップ・フォロワーシップ, 問題発見解決力, 社会人としての態度・倫理観

**受講要件** 実習には危険を伴う場合があるので、学生教育研究災害傷害保険等には必ず加入すること。また、実習にふさわしい装いなど、受け入れ企業と打合せを要する。

**予め履修が望ましい科目** 研修先企業に関する事前調査, ならびに体験内容に関する授業科目について予習または復習しておく。大学にて開催されるインターンシップ関連の講演会に参加すること。

**成績評価方法と基準** 事前研修, 実習報告の成績, 事後発表により評価を行う。単位認定の条件は、事前研修会, 研修, 事後研修会のすべてに参加することである。研修期間の目安は一つの受け入れ企業における研修で実働10日間以上である。

**オフィスアワー** 担任教員が対応する。

### 学習課題 (予習・復習)

事前・事後研修会を受講すること。

単位認定のために、インターンシップの報告書を課す場合がある。

# インターンシップⅠ（工場実習）

## Internship I (Practices in Factory)

**学期** 通年 **単位** 1 **対象** 工学部機械工学科 **年次** 学部(学士課程): 2年次, 3年次, 4年次 **選/必** 選択 **授業の方法** 実習 **授業の特徴** インターンシップ, 地域理解・地域交流の要素を加えた授業, キャリア教育の要素を加えた授業, その他、能動的要素を加えた授業（ミニッツペーパー、シャトルカードなど）

**担当教員** 担任教員

**授業の概要** インターンシップとも呼ぶ。職業選択に役立ち、専門知識の学修に対する目的意識の確立のため、民間企業や各種団体・自治体等の協力を仰いで、2, 3年次または4年次の夏期またはその他の時期に就業体験をする。アルバイトとは異なり、将来就くべき職業例を体験できる。学習内容は、受け入れ先によって異なるが、実習期間は2～3週間である。

**学習の目的** 受け入れ先企業での実際の就業体験を通じて、機械工学科開講科目の必要性を理解するとともに、将来の職業選択の方向性を考えることができるようになる。

**学習の到達目標** 受け入れ先企業で実際の就業体験と共に、社会人としてのマナーや適切な行動を理解できるようになる。将来の職業選択において実社会で必要とされる知識やスキルについて理解するとともに、現在の能力についての自己分析ができるようになる。以上により機械工学科開講科目を学修する必要性を理解できるようになる。

**本学教育目標との関連** 感性, 共感, 主体性, 幅広い教養, 専門知識・

技術, 論理的・批判的思考力, 表現力(発表・討論・対話), リーダーシップ・フォロワーシップ, 問題発見解決力, 社会人としての態度・倫理観

**受講要件** 実習には危険を伴う場合があるので、学生教育研究災害傷害保険等には必ず加入すること。また、実習にふさわしい装いなど、受け入れ企業と打合せを要する。

**予め履修が望ましい科目** 研修先企業に関する事前調査、ならびに体験内容に関する授業科目について予習または復習しておく。大学にて開催されるインターンシップ関連の講演会に参加すること。

**成績評価方法と基準** 事前研修、実習報告の成績、事後発表により評価を行う。単位認定の条件は、事前研修会、研修、事後研修会のすべてに参加することである。研修期間の目安は一つの受け入れ企業における研修で実働10日間以上である。

**オフィスアワー** 担任教員が対応する。

### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 就業体験

示板に注意すると共に、クラス担任に相談すること。

**Keywords** Internship

### 学習課題（予習・復習）

**学習内容** 研修先企業とのマッチングについては、3年生クラス担任が担当する。掲示等にて案内がされるので、受講希望者は掲

事前・事後研修会を受講すること。  
単位認定のために、インターンシップの報告書を課す場合がある。



# 専門英語

Technical English

**学期** 通年 **開講時間** 水9,10 **単位** 2 **対象** 工学部機械工学科 **年次** 学部(学士課程): 4年次 **選/必** 選択 **授業の方法** 演習 **授業の特徴** グループ学習の要素を加えた授業, その他、能動的要素を加えた授業 (ミニツッペーパー、シャトルカードなど)  
**担当教員** 機械工学科各教員

**授業の概要** 各研究分野に配属されたあと, それぞれの研究内容に関する英語文献を輪講し, 機械工学専門英語を修得する.

**学習の目的** 技術者として必要な英語力を修得する.

**学習の到達目標** 技術者として必要な英語力を修得する.

**本学教育目標との関連** 主体性, 専門知識・技術, 表現力(発表・討論・対話), 実践外国語力

**受講要件** 卒業研究履修生であること.

**予め履修が望ましい科目** 機械工学に関する広い知識のあることが望ましい.

**教科書** 各研究室にて指示する.

**参考書** 各研究室にて指示する.

**成績評価方法と基準** 授業に使用したテキスト, 成果物を提出すると共に, 研究室の実施形態に応じて評価する.

## 授業計画・学習の内容

---

**キーワード** 技術英語

**Keywords** Technical English

**学習内容** 卒業研究にて配属された研究室において, 研究内容に適した文献

を輪講する.

各講義は, 前期に15回, 後期に15回行われる。

**学習課題(予習・復習)** 各研究室の実施形態にあわせて, 予習を要する.

# 卒業研究

## Research for Graduation Thesis

**学期** 通年 **単位** 6 **対象** 工学部機械工学科 **年次** 学部(学士課程): 4年次 **選/必** 必修 **授業の方法** 講義, 演習, 実験, 実習 **授業の特徴** 問題提示型PBL (事例シナリオ活用含), 問題自己設定型PBL, プロジェクト型PBL, 実地体験型PBL, その他、能動的要素を加えた授業 (ミニッツペーパー、シャトルカードなど)

**担当教員** 機械工学科各教員

**授業の概要** 4年次はじめより、各研究分野教員指導のもとに、未解決あるいは創造的な課題に取り組ませる卒業研究を行い、卒業論文をまとめることにより、総合的な実力を身につける。

**学習の目的** 卒業研究を通して、研究目標達成のためのプロセス、考え方を修得する。

**学習の到達目標** 卒業研究を通して、研究目標達成のためのプロセス、考え方を修得する。

**本学教育目標との関連** 感性, 共感, 主体性, 専門知識・技術, 論理的・批判的思考力, 表現力(発表・討論・対話), リーダーシップ・フォロワーシップ, 問題発見解決力, 社会人としての態度・倫理観

**受講要件** 卒業研究履修条件を満たしていることが条件となる。また、研究には危険を伴う場合があるので、学生教育研究災害傷害保険等には必ず加入すること。

### 授業計画・学習の内容

**キーワード** 卒業研究

**Keywords** Research for Graduation Thesis

**学習内容** 研究室に配属され、卒業研究を行う。各研究室が行っている研究内容は、研究室配属ガイダンスによって示される。具

**予め履修が望ましい科目** 機械工学全科目が関連する。

**教科書** 各研究室にて指示する。

**参考書** 各研究室にて指示する。

### 成績評価方法と基準

研究室における卒業研究への出席状況、学習時間、研究に対する姿勢、卒業論文、口頭試問によって総合的に評価する。

なお、例年、3月上旬に機械工学科卒研究生全員による卒業論文ポスター発表会を開催している。審査は所属研究室外の教員により行われ、学生の研究に対する絶対評価を行う。

**オフィスアワー** 各研究室指導教員が対応する。

**授業改善への工夫** 最終的な成果物である卒業論文に加え、学生の卒業研究時間、研究内容及び教職員とのコンタクトタイムを記録し、卒業研究の記録を残している。

体的な卒業研究テーマに関しては、研究室配属後に指導教員と相談の上で決める。

**学習課題 (予習・復習)** 研究室配属後に指導教員に相談すること