

6-1. 機械分野

6-1-1. まえがき

本項では、機械関連分野の大学学部レベルでの教育課程で学ぶべき内容とその達成目標を、学修にあたっての配慮事項とともに提示している。機械分野の教育課程に含めるべき内容のみならず、その修了生に求められる知識、能力の標準的レベルを規定している点で、JABEE等の認定基準より一步踏み込んだものである。

機械分野は、機械および機械システムの設計・製作や運転、あるいは機械を含む社会の健全な発展に必要な学問領域である。対象がきわめて広範囲にわたることから、力学を中核とする工学の一分野であるものの、機械工学に含まれる学問領域は多岐にわたる。したがって機械関連分野の教育課程も、課程ごとの軸足の置き位置によって、様々なバリエーションが想定される。本項で提示する学修内容と達成目標は、これらの機械関連分野の教育課程の共通部分に相当する部分のみを抽出してまとめている。

本項では、機械関連分野の修了生に求められる能力を、複数の機械要素・機器を組み合わせる新しい機能を生み出す機械システム概念を理解し、要求される条件を満足させながらそれを創造できることと設定した。この能力を養成するため、材料力学、機械力学、流体力学、熱力学（いわゆる4力学）として体系化されている基礎力学と、その基盤となる力学を中心とした物理学、微積分・線形代数・確率統計といった数学の修得に加えて、機械システムを形作る機械材料・機械要素、これらを組み合わせる要求に合致した機能を作り出すための制御・メカトロニクス、さらに実際にこれらを形にするための生産・加工についての知識と応用能力の修得を求めている。その上で、様々な制約条件を最適化して要求される機械システムを設計し、それを他者に伝えるための製図・デザインの能力とスキルと、機械材料・機械要素・機械システム特性を把握し合理的に考察できる実験・解析能力の修得を求める。こうして身に付けた知識と能力を総合することによって、社会の要求する機械システム概念を理解し、それを応用展開できる能力を養成することとしている。

これらの知識と能力の修得は相互に関連しており、教育課程の進行につれて順次履修すべきである。科目群の相互関連と履修順序のイメージを図6-1に示す。

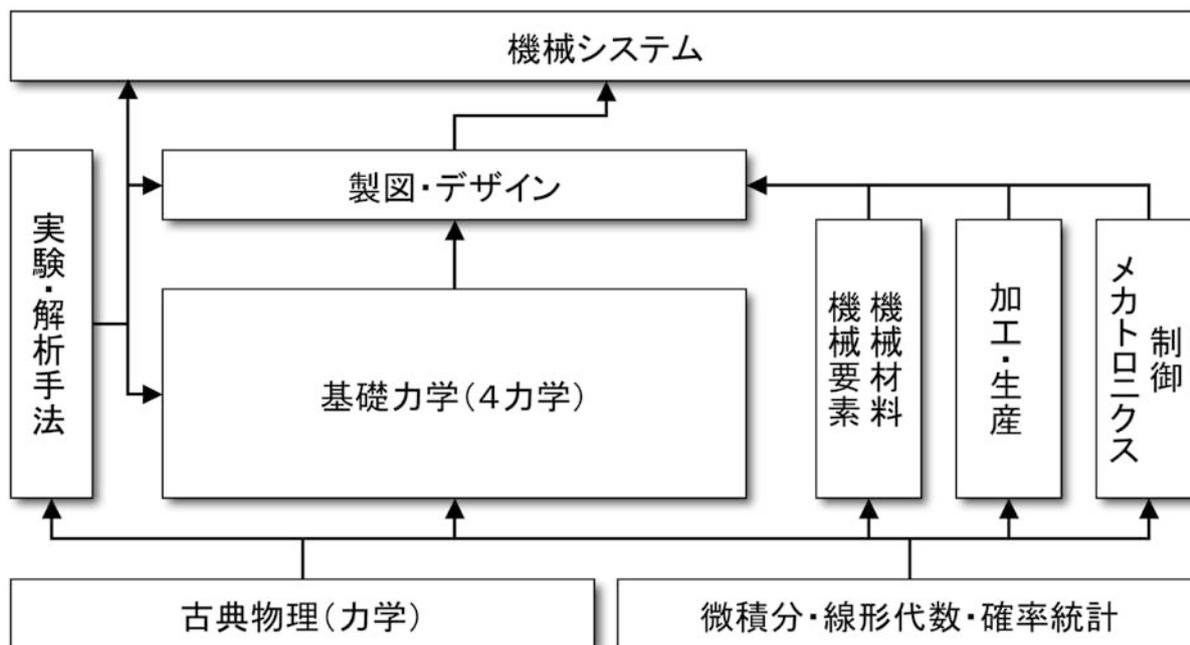


図6-1 機械分野の科目間の関連

ただし、この図における分野の名称は、必ずしも科目名称に対応している必要はなく、例えば、機械システムの概念の理解と応用展開を、学士論文研究(卒業研究)の中で涵養することもあり得る。また、複数の科目によってここに示した能力を養成することも、教育課程の選択肢の一つである。さらに、個々の教育課程の特色に応じて、これ以外の知識、能力を涵養する科目が含まれることを妨げるものではない。

本項で提示した教育内容と到達目標、学修にあたっての配慮事項の中間まとめ案に対して、平成 23 年 12 月 1 日から平成 24 年 1 月 17 日の期間、パブリックコメントを募集し、11 件のコメントを頂戴した。これらのコメントの指摘にしたがって「コア」「要望」双方のレベルを微調整するとともに、一部の配慮事項の記述の改訂を行った。ただし、機械分野の教育内容の大枠については肯定的なご意見が多かったことから、この部分は中間まとめ案から変更しなかった。

学修内容の到達目標は、機械工学のように成熟した分野においても、科学技術の進展と社会の要請の変化に応じて時代とともに変化していくものとする。今回の取りまとめ結果を契機として機械分野の教育内容に対する意識が高まり、活発な議論と不断の見直しを通して工学教育としての質の向上につながることを期待する。

6-1-2. 機械分野 (技術者教育において育成すべき知識・能力と、その到達目標)

育成すべき知識・能力		到達目標	
		コア	要望
1.基礎	1-1.数学	微分・積分, 微分方程式, 線形代数, 複素関数の基礎知識や概念を数学的問題に適用できる。	自然科学の法則を工学問題に適用し, 解いた結果の分析により, 問題解決に必要な課題の構造を明らかにすることができる。 力の釣り合いと合成, 質点の力学, 仕事とエネルギーの概念を理解し, 工学問題に適用できる。 単位で表された数値が実感で理解できる。
	1-2.物理学等自然科学 (物理, 化学, 情報リテラシー, 地学, 生物)	力学, 電磁気学, 熱力学等の自然科学の知識や概念を工学問題に適用できる。 力の釣り合いと合成, 質点の力学, 仕事とエネルギーの概念を理解し, 工学問題に適用できる。 単位で表された数値が実感で理解できる。	
	1-3.工学基礎	基幹工学(機械工学概論, 電気・電子工学概論等), 工学基礎実験・計測, 数値解析等の基礎知識を工学問題の実験や解析に適用できる。	
2.専門分野	2-1-a.基礎力学 -材料力学	材料力学・機械力学・流体力学・熱力学(4力学)の知識を習得し, 実際の問題に関連づけて適用できる。	4力学の知識を複合的に組み合わせて, 光学や分子論等, 応用工学問題の解決方法を分析できる。
	2-1-b.基礎力学 -機械力学		
	2-1-c.基礎力学 -流体力学		
	2-1-d.基礎力学 -熱力学		
	2-2.機械材料・機械要素	材料と機械要素の特性についての知識を習得し, 実際の問題に関連づけて適用できる。	材料と機械要素の特性の知識を用いて, 用途・部位に適した材料・機械要素を分析・選択できる。
	2-3.加工・生産	素材の加工・生産方法についての知識を習得するとともに, その制約を理解し, 実際の問題に適用できる。	材料の特性, 要求される精度等の制約を勘案して, 適切な加工・生産方法を分析・選択できる。
	2-4.制御・メカトロニクス	制御理論の基礎とセンサ・アクチュエータ等のメカトロニクスの基礎知識を習得し, 実際の問題に適用できる。	制御理論とメカトロニクスの知識を機械システムに適用して, 機械システムを分析できる。
2-5.製図・デザイン	要求条件を満足する機械を設計し, それを図面で表すことができる。	様々な制約条件を最適化して機械システムをデザインし, それを図面で表すことができる。	
2-6.機械システム	複数の機械要素・機器を組み合わせて新しい機能を生み出す機械システムを習得し, 実際の機械システムへ適用できる。	社会の要求する機能を発現する機械システムを考案したり具現化展開する方策を分析できる。	
3.汎用的技能 (応用的能力)	3-1.課題発見・解決力, 論理的思考力	課題発見, 情報の収集と分析, 課題解決, などの手法を用い, 当該分野の工学問題の課題を挙げ, その問題の構造を分析できる。	課題発見, 情報の収集と分析, 課題解決, などの手法を用い, 当該分野の工学問題の課題を挙げ, その問題の構造を分析し, 複数の解を提案し, その中から最良の解を選ぶことができる。
	3-2.コミュニケーション・スキル	他人の意見を分析・理解できるとともに, 自らの意見を論理的な文書や口頭説明として整理し, まとめることができる。 英語等の外国語を用いて日常的な意見交換ができる。	他人の意見を分析・理解し, 自らの意見を論理的な文書や口頭説明として整理し, これを相手の理解力を考慮して評価し, まとめることで, 相手に自分の意見を納得させることができる。 英語等の外国語を用いて実務に関する意見・情報の交換ができる。
4.態度・志向性 (道徳的能力)	4-1.チームワーク, 自己管理能力, リーダーシップ, チャンスを活かす能力	自分に与えられた仕事を実行するために, やるべきことを分析し, 自己の体調・時間を管理できる。 同分野の専門家であるチームメンバーと意見交換を行い, チーム内での自らのなすべき行動を分析し, これを実行することができる。	自分のやるべき事を評価・認識し, 自己の意欲・体調・時間・予算を管理することでこれを実行できる。 同分野あるいは異分野の専門家のチーム作業において, なすべき行動を評価・実行できる。とともに, リーダーとしてメンバーに働きかけることができる。
	4-2.倫理観	技術者倫理の基本原則を一般的な問題に適用できる。	技術者倫理の基本原則を用いて実務の場とるべき倫理的行動を考えることができる。
	4-3.市民としての社会的責任	社会・健康・安全・法律・文化・環境などに関する知識を, 一般的な問題の解決の際に適用できる。	社会・健康・安全・法律・文化・環境などについての考慮を実務の場に適用し, とるべき行動を考えることができる。
	4-4.生涯学修力	自主的に生涯にわたって学修する必要性と方法を理解している。	自主的に生涯にわたって学修する必要性と方法を理解し, それを実際の活動に適用し, 意欲を持って実行している。
5.総合的な学習経験と創造的 思考力	5.創成能力(システム設計)	各種の外的・内的制約条件と, 問題解決のために解くべき課題を挙げ, この課題を整理・分析して, 制約条件下で課題を解決できる最適解を評価・提案できる。	各種の外的・内的制約条件と, 問題解決のために解くべき課題を挙げ, 制約条件下で課題を解決できる最適解を見出し, これに基づいて, 複合的な工学的問題の創造的解決を図ることができる。 与えられた問題や課題を解決するために必要な機能・機構, および制御方法を考案し, プロトタイプを製作することによって設計にフィードバックできる。

6-1-3. 機械分野の到達目標と学修に当たっての配慮事項

機械分野の到達目標と学修に当たっての配慮事項は、次の基礎分野1科目、専門分野6科目について示す。

I. 基礎

1. 「物理学等自然科学」

II. 専門分野

1. 「基礎力学」(a. 材料力学, b. 機械力学, c. 流体力学, d. 熱力学)

2. 「機械材料・機械要素」

3. 「加工・生産」

4. 「制御・メカトロニクス」

5. 「製図・デザイン」

6. 「機械システム」

I. 基礎

1. 「物理学等自然科学」

【コア】

<キーワード>力の釣り合い, 力の合成・分解, 力のモーメント, 重心と分布力, 運動の法則, 質点の運動, 剛体の運動, 仕事とエネルギー, 運動量と力積

到達目標

- ・物体に作用する力とモーメントを実際の現象と関連づけて説明できる.
- ・物体の運動と作用する力の関係を実際の現象と関連づけて説明できる.
- ・仕事とエネルギーの概念を実際の現象と関連づけて説明できる.

【要望】

<キーワード>摩擦, ダランベールの原理, ラグランジュの運動方程式

到達目標

- ・摩擦力の概念を実際の現象と関連づけて説明できる.
- ・物体の運動と作用する力の関係を微分方程式として定式化できる.

学修にあたっての配慮事項

- ・基本的に古典物理の力学の体系に基づく知識であるが, 機械分野における学修では, 現実の「もの」との対応関係を考慮して知識を実際の問題に応用できること.

II. 専門分野

1. 「基礎力学」

1-a. 材料力学

【コア】

<キーワード>引張・圧縮・せん断応力とひずみ, 弾性と塑性, 組合せ応力・多軸応力, 真応力と真ひずみ, 降伏条件と塑性構成式, ねじりと曲げ, 座屈, ひずみエネルギーとエネルギー原理

到達目標

- ・単純な形状の材料に作用する力と変形の関係を説明できる.
- ・単純な形状の材料内の応力分布を予測でき, 最大応力の発生位置を求めることができる.
- ・材料に作用する力と破壊の発生を説明できる.

【要望】

<キーワード>熱応力・衝撃応力, 応力集中, 構造強度

到達目標

- ・材料の形状と応力分布の関係を説明できる.
- ・部品間の相互作用によって生じる応力と変形の関係を説明できる.
- ・動的な荷重によって生じる応力の概要を説明できる.

- ・温度分布などの力以外の要因に基づく応力の発生と変形を説明できる。

学修にあたっての配慮事項

- ・材料と構造体の健全性の観点から、材料に働く力と変形を把握できること。

1-b. 機械力学

【コア】

<キーワード>自由振動, 強制振動, 過渡振動, 共振, 減衰振動, 1自由度振動系, 2自由度振動系, 動吸振器

到達目標

- ・1自由度系の自由振動, 強制振動, 過渡振動について説明できる。
- ・共振現象について説明できる。
- ・2自由度系の自由振動と強制振動について説明できる。

【要望】

<キーワード>自励振動, 多自由度振動系, 連続体の振動, 非線形振動, モード解析

到達目標

- ・多自由度系の過渡振動について説明できる。
- ・非線形振動系の概念を実際の現象と関連づけて説明できる。
- ・構造体の振動特性について説明できる。

学修にあたっての配慮事項

- ・振動の抑制と利用の観点から, 振動現象の基本学理とその制御方法を理解すること。

1-c. 流体力学

【コア】

<キーワード>流体の諸特性, 静止流体の力学, 質量, 運動量とエネルギーの保存, 層流と乱流, 相似則, 理想流体, 粘性流体, 境界層, 抗力と抵抗, 渦運動, 流体機械

到達目標

- ・静止流体の作用力を説明できる。
- ・流体の流れを支配する保存則を説明できる。
- ・層流と乱流の違い, 遷移条件を説明できる。
- ・流体の流れに関する相似則を説明できる。
- ・理想流体の流れを説明できる。
- ・粘性流体の流れを説明できる。
- ・境界層ならびに流れが固体壁に及ぼす摩擦と圧力の作用を説明できる。
- ・容積式流体機械とターボ式流体機械を説明できる。

【要望】

<キーワード>圧縮性流体の力学, 運動量モーメントの法則, 翼と翼列, 流体機械 (ポンプ, 送風機, 圧縮機, 水車, 風車), 速度ポテンシャルと流れ関数

到達目標

- ・圧縮性流体の流れを説明できる。
- ・翼のまわりの流れと抗力・揚力の関係, および遠心力による流体駆動の原理を説明できる。
- ・ターボ式の全ての流体機械, および容積式のポンプと圧縮機の原理と用途分類を説明できる。

学修にあたっての配慮事項

- ・連続体力学とエネルギー工学の両面から, 流体の運動とその定式化を理解すること。

1-d. 熱力学

【コア】

<キーワード>状態量と状態変化, 状態方程式, 熱力学の第一・第二法則, エントロピー, エクセルギーとエネルギー有効利用, 熱サイクル, 物質の混合, 相変化, 熱移動 (熱伝導, 対流伝熱, 放射伝熱), 熱交換器

到達目標

- ・平衡状態における状態量と状態変化を説明できる。
- ・熱力学の第一法則 (エネルギーの保存) を説明できる。
- ・熱力学の第二法則 (熱力学的最大効率) を説明できる。

- ・不可逆性とエントロピー増加の関係を説明できる。
- ・熱エネルギー変換の概念と方法を説明できる。
- ・熱エネルギーの質を説明できる。
- ・物質の混合に伴う状態変化を説明できる。
- ・相変化を伴う熱移動を説明できる。
- ・熱移動と温度の関係を説明できる。
- ・熱交換の概念と熱交換器の基礎特性を説明できる。

【要望】

<キーワード> 燃焼, 開いた系の熱力学, 分子運動論, 統計熱力学, 熱エネルギー機器

- ・燃焼による熱エネルギー生成について説明できる。
- ・物質伝達や反応を含む開いた系の釣り合いについて説明できる。
- ・熱力学を分子運動の視点から説明できる。
- ・熱力学に関わるマクロ量を統計的な立場から説明できる。
- ・熱エネルギー機器 (ボイラ, タービン, 熱交換器など) の基本特性を熱力学を用いて説明できる。

学修にあたっての配慮事項

- ・エネルギー変換と機器の温度制御を, 平衡熱力学的な見地と現象論的な立場から考えることができるよう理解すること。

2. 「機械材料・機械要素」

【コア】

<キーワード> 材料の強度と許容応力, 材料の構造と組織, 工業材料の性質・機能, 破壊, 機械要素

到達目標

- ・材料の強度と許容応力と破壊の関係を説明できる。
- ・材料の構造・組織と強度の関係を説明できる。
- ・工業材料の性質を説明できる。
- ・機械要素の特性と規格を説明できる。

【要望】

<キーワード> 疲労・クリープ, 腐食防食・環境強度, トライボロジー

到達目標

- ・材料の疲労とクリープ挙動を説明できる。
- ・使用過程での材料の特性変化を説明できる。
- ・材料の界面特性を説明できる。

学修にあたっての配慮事項

- ・機械の設計にあたって, 適切な材料と機械要素を選択し, その特質にあわせた設計を行うための知識を習得すること。

3. 「加工・生産」

【コア】

<キーワード> 切削法, 工作機械, 精密加工, マイクロ・ナノ加工, 表面加工, 塑性加工, 接合, アセンブリ

到達目標

- ・各種加工法の特徴を説明できる。
- ・工作機械の種類と特徴を説明できる。
- ・接合, 組み立て方法の概要を説明できる。

【要望】

<キーワード> 創成運動, 金型, ラピッドプロトタイピング, 生産管理, 品質保証, 資源・環境管理, 安全管理

到達目標

- ・工作機械の創成運動を説明できる。
- ・金型の役割と特徴を説明できる。
- ・生産管理や品質管理の概念を説明できる。

学修にあたっての配慮事項

- ・部品の要求精度や形状, 材料に合わせて適切な加工方法が選択でき, それらを組み立てるための

方法が考察できること。

4. 「制御・メカトロニクス」

【コア】

<キーワード>伝達関数, フィードバック制御, 過渡応答, 周波数応答, 位相補償, 安定性, 根軌跡, PID制御, センサ, アクチュエータ, 電気・電子回路

到達目標

- ・伝達関数の概念および制御系の応答ならびに安定性を説明できる。
- ・望ましい特性を持つ基本的なフィードバック制御系を設計できる。
- ・メカトロニクスで用いられるセンサおよびアクチュエータの原理や特性を説明できる。
- ・メカトロニクスの基本となる基礎的な電気・電子回路を設計できる。

【要望】

<キーワード>サーボ系設計, 組込マイコン制御, 状態方程式, 可制御・可観測, レギュレータ, オブザーバ, ロバスト制御, パターン計測・画像計測

到達目標

- ・基本的な制御機器を設計できる。
- ・現代制御理論と画像計測手法を説明できる。

学修にあたっての配慮事項

- ・メカトロニクスの動作・制御系の概念とその制約を理解した上で, 基本的なシステムを設計できること。

5. 「製図・デザイン」

【コア】

<キーワード>設計手法, 規格・標準, 展開図法, CAD/CAM/CAE, システム設計

到達目標

- ・適切な設計手法で規格・基準に合致した部品の設計ができ, その結果を図面に表すことができる。
- ・CAD ツールを使用して基本的な製図ができる。
- ・部品を複合したシステムの設計ができる。

【要望】

<キーワード>設計情報管理, 品質工学, ライフサイクルアセスメント

到達目標

- ・設計情報を共有するための概念を説明できる。
- ・様々な制約を最適化して機械システムの設計ができる。
- ・製品の社会影響を考察できる。

学修にあたっての配慮事項

- ・要求に合致した部品・製品を, 材料, 加工・組み立て方法, コストなどの各種の制約の下で最適化して設計する概念を習得すること。

6. 「機械システム」

【コア】

<キーワード>産業機器・装置, 化学プラント, 流体機械, 熱機器, 内燃機関, 動力システム, 交通機械

到達目標

- ・機械システム, プラント等の基本構成と特徴を説明できる。

【要望】

<キーワード>ロボティクス, 情報・メディア機器, 医療・福祉・バイオ機器, 資源・環境システム, 宇宙機器・システム,

到達目標

- ・人々の生活を豊かにする機械システムの概念を説明できる。

学修にあたっての配慮事項

- ・機械を組み合わせる要求される機能を発揮する機械システムの概念を習得するとともに, 機械システムによって発現させる新たな機能を考察できること。