

博士前期課程

科目群の学習・教育目標		前学期		後学期	
高度専門応用能力： アドバンストマシニング工学、エナジー&メカニクス工学、ピークルシステム工学、ロボット工学、ものづくり工学をベースとした総合的高度専門関連知識ならびに技術を吸収・修得するとともに、将来における機械工学の発展に寄与・貢献できる。		入門科目			
		コンピュータ援用デザイン工学特論 2		計測工学特論 2	
				基礎熱・流体力学特論 2	
				基礎材料力学特論 2	
				動的システム特論 2	
高度システム化能力： 関連分野あるいは異分野に関する技術分野にも積極的に挑戦し得る能力を身につけ、当該分野にて本専攻で修得した高度専門関連技術を応用でき、それを通じて新規技術の創成・開拓を可能にする能力を修得する。		基盤科目			
		先端材料工学特論 2		アドバンストマシニング特論 2	
		熱エネルギー特論 2		流体ダイナミクス特論 2	
		航空機システム設計特論 2		複合材料工学特論 2	
		航空力学特論 2			
		複合システム特論 2			
		ロボット知能工学特論 2			
技術分野および問題発見・解決能力： 工学的諸問題に対して工学設計能力と研究開発能力を発揮しつつ、技術的課題を分析し、課題を設定・解決できるとともに成果を効果的にプレゼンテーションすることができる。		応用科目			
				先端機械工学特論 2	
				マイクロ・ナノ加工工学特論 2	
				革新航空機特論 2	
				信号・システム同定特論 2	
プロジェクト遂行能力： プロジェクト計画管理能力を養うとともにリーダーシップ能力を身につけることによって、多様な価値観を有する集団においても、その取りまとめや最終解を見出すことができる。		モジュール統合科目			
		機械部品最適デザイン統合特論 4			
		航空機設計開発統合特論Ⅰ 4		航空機設計開発統合特論Ⅱ 4	
		制御系設計解析統合特論Ⅰ 4		制御系設計解析統合特論Ⅱ 4	
		ものづくりデザイン統合特論 4			
社会・人間関係スキルを修得した専門応用能力： 技術者としての倫理観を養うとともに、コミュニケーション能力やリーダーシップ能力を修得し、それに基づいた高度専門能力を発揮できる。		特別科目			
		インターンシップ A 2		インターンシップ B 2	
		機械工学専攻特別講義Ⅰ 2		機械工学専攻特別講義Ⅲ 2	
		機械工学専攻特別講義Ⅱ 4		※特別講義の開講期・単位数はその都度定める	
		副専修セミナー 2			
		専修科目（修士研究）			
		アドバンストマシニング工学研究 8			
		エナジー&メカニクス工学研究 8			
		ピークルシステム工学研究 8			
		ロボット工学研究 8			
		ものづくり工学研究 8			

博士後期課程

	前学期	後学期
1年次・2年次・3年次	特殊研究	
	アドバンストマシニング工学特殊研究	
	エナジー&メカニクス工学特殊研究	
	ピークルシステム工学特殊研究	
	ロボット工学特殊研究	
	ものづくり工学特殊研究	
	4	
	主要科目	
	企業価値とイノベーション 2	
	アドバンストマシニング工学特論 2	
	エナジー&メカニクス工学特論 2	
	ピークルシステム工学特論 2	
	ロボット工学特論 2	
	ものづくり工学特論 2	
	特別科目	
	リサーチインターンシップ 4	

〈学習・教育目標〉

国内外における機械分野の技術革新に積極的に貢献することのできる高度専門能力に加えて、幅広い技術分野へ展開できる統合能力と人間力を修得し、機械工学の学問分野を基幹とした研究開発分野または先進的専門領域で活躍できる、人間力豊かで行動する高度専門機械技術者・研究者を育成する。

博士前期課程

入門科目

コンピュータ援用デザイン工学特論 2 単位 Computer Aided Engineering and Design

数値解析技術や有限要素解析の知識を基礎とし、さらに進んだ工学的諸問題の解決ができるように、非線形構造解析問題あるいは非定常問題へと知識と経験の幅を広げる。主な学習主題は、1. 弾性変形領域における大変形問題（幾何学的非線形問題）、2. 塑性変形を含む大変形問題（材料非線形問題）、3. 接触問題、4. 熱伝導解析などである。

目標：与えられた課題を FEM 解析条件におきかえることができる。汎用有限要素法ソフトを用いて解析が実施できる。実施した解析を理論的に理解し述べられる。

動的システム特論 2 単位 Linear Dynamical System

システムを制御する際、モデリング、動的な挙動の解析と評価、制御系設計が行われる。そのためのツールとしての数学的知識が必要となる。本講義では、システムの解析と制御に必要な知識を学び、それらを実際の問題に応用する方法を修得する。具体的には、行列とベクトル、固有値と固有ベクトル、微分方程式の求解、ラプラス変換の基礎を学習し、状態方程式によるシステム表現と制御に係わる知識を修得する。

目標：簡単な機械システムのモデルリングおよび解析ができる。また、目的に合致するフィードバック制御系が設計できる。

計測工学特論 2 単位 Measurement Systems

測定結果を数値で表すことが多いが、測定結果を利用する側ではその数値だけではなくその数値がどの程度信頼できるかという情報が非常に重要である。従来、測定結果の信頼性を評価する指標として誤差や精度などが用いられてきたが、その使用法のみならず定義さえ統一されておらずあいまいであった。本講義では 1980 年に ISO によって示された「不確かさ」という概念について学習し、今後の研究活動や仕事において測定結果の信頼性を適切に評価・報告ができるようになることを目標とする。

目標：不確かさという概念がなぜ導入されたか説明することができる。不確かさとは何か、誤差との違いについて説明することができる。標準不確かさを評価することができる。合成標準不確かさを計算することができる。拡張不確かさを評価することができる。測定結果に対して不確かさを適切に記述することができる。

基礎材料力学特論 2 単位 Strength of Materials

部材内部に生ずる応力と変形の状態を扱う材料力学は、機械の性能や安全性にかかわる強度・剛性設計のための scientific base である。安全で安心な機械を設計するためには、材料力学における基本概念である「応力」と「ひずみ」、「応力-ひずみ関係」を十分に理解し、かつさまざまな実用的な問題を解くことのできる応用力を身につける必要がある。本科目では、学部において学んだ材料力学の知識を基礎として、より実用的な問題を数多く解き、機械設計技術者にとって必要な材料力学の基礎と応用力を身につける。

目標：応力、ひずみ、応力-ひずみ関係の概念を説明できる。不静定問題などの実用的な問題を解くことができる。実用的な問題の解析過程を第三者に分かりやすく解説することができる。

基礎熱・流体力学特論 2 単位 Basic Course in Heat and Fluid Dynamics

熱・流体に関する専修科目に取り組む基礎力を養うために、熱と流体の流れ解析に必要な基礎式を導きその解法について述べる。ベクトル解析の知識を整理し、質量、熱量、運動量の移動現象を偏微分方程式で表現し、粘性流体に対するナビエ・ストークスの運動方程式を導く。その特別な場合としてオイラー方程式、ベルヌーイの定理や運動量の法則などを導き、演習を行う。また、複素関数論の応用としての理想流体のポテンシャル流れと、2 次元翼理論を紹介する。また流場の数値解法の基礎知識を解説する。

目標：熱と流体の流れ解析に必要な基礎式を導くことと説明ができ、各種の問題に対して自由に解を求めることができるようになる。

博士前期課程

基盤科目

アドバンスドマシニング特論 2単位 Advanced Machining

ユーザーニーズの多様化により機械部品をはじめとする各機械部品の作成には変種変量生産方式が取り入れられている。この方式は生産能率が低いことが問題視され、一方では部品の高機能化を達成するために、難加工材料の使用や薄肉軽量部品が多く使用されるようになってきている。これらは通常の加工法では満足な加工精度を得ることができない場合も多いため、本講義では、1. 機械加工を高効率で行うための問題と新素材工具を用いた解決策。2. 被削材が難削材と言われる所以と工具損傷機構などについてトライボロジ的観点から解説する。

目標：機械加工の能率化や難加工材に対する問題点が認識できる。工具損傷機構を理解した上での解決策が理解できる。

先端材料工学特論 2単位 Advanced Materials for Mechanical Engineering

先端科学技術を始めとするものづくりは多くの材料によって支えられている。機器装置の高度化、高機能化の技術革新を可能にするには新機能材料の開発が鍵を握っている。本講義では、材料の機能や特性を結晶構造、格子欠陥および微視組織との関連で講述する。さらに、種々の機能性付与技術について示し、先端科学技術分野における材料の役割を理解する。併せてX線回折、電子線回折、破壊靱性、疲労などの各種材料評価試験法についても詳述する。

目標：材料のミクロ構造（微視組織、結晶構造、格子欠陥など）と機械的特性との関連を専門用語を用いて説明できる。材料の微視組織と物性および機能性との相互の関連を具体的な評価試験法をあげて説明できる。材料の変形や破壊強度は材料を構成している微視組織に強く影響を受けていることを説明できる。材料の変形、破壊挙動を取り扱う上での基本的な材料強度評価試験法を説明できる。先端材料の機能・特性が何によって支配されているかを説明できる。

流体ダイナミクス特論 2単位 Dynamics of Fluids

流体力学における次の3項目について主に講義する。1. 流体流れの一般的取り扱い：粘性・圧縮性を持つ流れの基礎を一般的に扱う。粘性流れ場、エネルギー場、非定常流れ場などの相互の関係、その定式化など。2. 物体まわりの流れ：円柱や翼など代表的な物体まわりの流れ特性を扱う。境界層や剥離構造、乱流特性など。3. 圧縮性効果および衝撃波現象：圧縮性流れおよび圧力波の一般的特性、流動から波動への変換機構、衝撃波応用など。

目標：流体の粘性挙動などを定式化できる。流れの基礎式の意義を説明できる。境界層、剥離の機構や乱流現象の特質について理解できる。圧縮性の効果や衝撃波の機構について理解できる。実際の流体工学に関連する流れ場において、乱流、境界層、境界層剥離、衝撃波などの流体力学理論と関連づけて数理的に理解できる。

熱エネルギー特論 2単位 Thermal Engineering

温度計測は熱を扱う上で不可避であり、はじめにその計測について講述する。次に、実在気体の代表として水蒸気を取り上げ、その性質や蒸気サイクルなどについて述べる。また、混合気体の例として湿り空気にも触れる。これらを題材として、熱を有効に利用するために必要な基本的考え方が身につくよう配慮する。できる限り省エネルギー、コージェネレーションなどを含む熱の有効利用システムと関連させる予定である。

目標：本質を考える習慣を身につけ、それを基に行動できる。よく考えた上で、未知の事柄に積極的に取り組むことができる。工学、工業に関わる研究・開発などに必要な考え方、手法などを修得するよう努力できる。技術者、研究者としての責任について考え、行動することができる。

博士前期課程

航空機システム設計特論

2 単位 Aircraft System Design

航空機の設計法に関する講義を行う。まず、航空機の開発手順、運用要求、基本計画、空力設計（主翼の平面系、翼型、尾翼配置および全機特性）、飛行性能などの基本事項について概説し、次に、航空機の安定性・操縦性、飛行制御と操縦装置、構造・荷重・強度・剛性などの項目について解説する。構造設計法、空力弾性についても触れる。また、ジェットエンジンなどの推進系統、降着装置、計器などの装備や機器についての解説も行う。

目標: 航空機の設計手順、運用要求、基本計画について理解できる。航空機の空力設計、飛行性能の基本事項を理解できる。航空機の安定性・操縦性、構造・強度、各装備システムを理解できる。

複合材料工学特論

2 単位 Composite Materials for Mechanical Engineering

炭素繊維強化プラスチックをはじめとする先進複合材料は、最新の宇宙・航空機構造に適用されており、自動車一次構造やインフラ構造物への応用も盛んに検討されている。持続可能な社会の構築のためには、複合材料の特徴を活かした設計をおこなうことのできる高度専門応用能力・高度システム化能力を持った人材の育成が求められている。本科目では、力学特性・機能発現メカニズムを統合的に理解した複合材料構造の設計ができるようになるために、成形法から積層理論や損傷・破壊理論に至る複合材料に関する力学・知識を習得する。

目標: 複合材料における複合効果の考え方や微視構造設計アプローチ、成形法を説明できる。複合則、エシェルビーの等価介在物理論や積層理論を用いて、複合材料の変形挙動を予測できる。繊維・樹脂・界面の力学挙動について説明でき、複合材料の変形・破壊特性を予測できる。

航空力学特論

2 単位 Aeronautical Engineering

航空機の構造振動現象（例えば主翼の曲げねじりフラッターや突風応答など）を解析する際、有限要素法に代表されるようなコンピュータを用いた数値解析が盛んに行われている。この優れた数値解析能力を生かして振動現象の本質を理解するためには、以前にも増して数学的、物理的に厳密な振動理論の理解が必要となる。この講義では振動理論なかでもモード解析法に重点をおき、多自由度の振動理論および連続体の振動理論を学ぶ。

目標: 多自由度の振動理論を理解し応用できる。はりの曲げ振動理論を理解し応用できる。

複合システム特論

2 単位 Intelligent Mechanical Systems

種々の要素から構成される機械システム上に、不確実性を伴う実世界の環境下において適切に振る舞う機能を実現するための基礎を学ぶ。そのような基礎は広範囲にわたるが、本科目では人工知能の分野に焦点を当てる。主な学習内容は、探索による問題解決、プランニング、不確実性の取り扱いである。

目標: 探索による問題解決の基本的な手法を説明することができる。プランニングの基本的な手法を説明することができる。ベイジアンネットワークによる不確実性の表現方法を説明することができる。

ロボット知能工学特論

2 単位 Intelligent Robotics

知能ロボットは不確実な実世界の環境下でもロボットに環境を認識して適切な行動を取らなければならない。近年、それを実現する新しい手法として確率・統計をベースとした確率的ロボット工学が提唱され、実世界環境下での多くのロボットに適用され、その有効性が実証され始めている。本講では、確率的ロボット工学の基礎理論、アルゴリズムならびにその基盤となる確率・統計も合わせて学習する。

目標: 基礎理論、アルゴリズムを理解し、現実の問題にそれを適用できる。

博士前期課程

応用科目

先端機械工学特論

2 単位 Advanced Mechanical Engineering

機械工学は交通機械や工作機械を始め、化学プラント装置、材料設計、電気・電子部品の製造に至る広い範囲で幅広く関わっている。そこで、本講義では、先端機械の中でも日本が世界に誇る精密部品の製造に関与する超精密加工機械にスポットを当て、それらの構造や原理を理解する。また、これらの装置の使用環境を理解し、それに関連する振動測定や騒音測定、防振技術についても講義する。

目標：本講義を受講した学生は、各種機械や部品製造で利用されている超精密機械の原理がわかる。形状や材質が異なる部品製造に対して利用されている機械や道具の種類を理解し、その原理がわかる。また、振動測定、防振、騒音測定の原理などが理解できる。

マイクロ・ナノ加工工学特論

2 単位 Ultra-Precision Micro-Nanoscale Manufacturing Process

現在における我々の日常活動を支える情報機器をはじめ、社会インフラ設備、LED照明には半導体デバイスやパワーデバイスが必要不可欠となっている。これら各種のデバイスには超難加工性を示す材料が用いられる場合もあるとともに、高品位デバイス製造のためには、原子レベルでの平坦化加工を施す必要がある。本講義ではその加工の一翼を担う研磨加工、特にCMP（Chemical Mechanical Polishing）を中心に置き、その歴史を紐解きながら、研磨メカニズム、装置、消耗部材の在り方を講義し、そこから最新の技術動向に関する研究事例も理解する。また、次世代材料の高効率・高品位平坦化研磨を実現するための融合加工技術の動向を講義し、多分野融合の必要性を理解する。さらには、各種のアシスト加工法の概要も本講義で取り扱うことで、現在に至るまでの広範なマイクロ・ナノ加工学の発展と将来を展望し、それを多分野に応用できる能力を身につける。

目標：研磨加工・CMPの原理や高効率化・高品位化に向けての課題を理解できる。黎明期から現在に至るまでの技術動向の変化を理解できる。各種のアシスト加工の概要と特徴から多分野融合の重要性を理解できる。

革新航空機特論

2 単位 Introduction to Innovative Aircraft Design

航空機分野での国際的な競争に勝ち残るためには航空機関係の技術者は世に先駆けた革新的な技術を開発して実機に適用するポテンシャルを身につける必要がある。本科目では航空機の技術的革新性についての講義と革新航空機および要素技術の事例研究を行い、その成果を発表するとともにレポートにまとめる。また、革新的な技術開発に関する専門文献について解説し、学生が分担して文献の内容を要約して発表する。これらのことから、航空機における技術的革新性を認識するとともに革新的な技術の着想から実証に至るまでのプロセスを理解し活用する力を身につける。

目標：流体の粘性挙動などを定式化できる。流れの基礎式の意義を説明できる。境界層、剥離の機構や乱流現象の特質について理解できる。圧縮性の効果や衝撃波の機構について理解できる。実際の流体工学に関連する流れ場において、乱流、境界層、境界層剥離、衝撃波などの流体力学理論と関連づけて数理的に理解できる。

信号・システム同定特論

2 単位 Signal and System Identification

ロボットを含めた機械やプラントを制御するには、そのモデルが必要になる。本講義では、測定されたデータを使って数式モデルを立てる方法や、モデルで使われている未知パラメータを推定する方法について学ぶ。線形予測、スペクトル解析、最小2乗法などの基本的な手法を解説する。

目標：ノンパラメトリックモデルの同定法を時間領域と周波数領域で説明できる。パラメトリックモデルを複数個、その利点と欠点を含めて説明できる。ARXモデルのパラメータを最小2乗法により求めることができる。最小2乗法の問題点とその改善法を説明できる。実際のプラントに対して同定実験を計画しモデルを求めることができる。

博士前期課程

モジュール統合科目

機械部品最適デザイン統合特論 4 単位 Optimum Design and Processing of a Machine Part

機械部品を製造するためには設計、製作、評価が必要不可欠であり、効率も考慮しなければならない項目である。本科目ではエンジン部品を題材に部品製造に関わる一連の流れを学習する。はじめに、C A DやC A Eを用いた部品設計において形状の最適化を行う。次に、C A Mを用いた生産設計の最適化を行い、高機能な機械・機構部品を試作する。最後に製作した機械部品をエンジンに組み込み性能評価実験を行い、製作部品の特性を評価する。

目標：機械部品の製造に関する一連の流れの中におけるコンピュータを駆使した効率的なものづくり手法が理解できる。機械部品の設計においてC A D・C A Eを利用して三次元モデルの最適化ができる。C A Mを用いた生産設計手法を理解でき、生産設計の最適化と実部品の高能率加工が実践できる。

航空機設計開発統合特論 I 4 単位 Aircraft Design and Development I

航空工学において基礎となる知識を、講義・演習／実験／解析／レポートおよび発表までを統合して学ぶ体験型の科目である。はじめに航空機の設計手順について学ぶ。次にジェットエンジン駆動の模型航空機をターゲットとして主翼などの性能、空力、強度設計をC F D、風洞実験、構造強度実験などを用いて行う。

目標：材料のミクロ構造（微視組織、結晶構造、格子欠陥など）と機械的特性との関連を専門用語を用いて説明できる。材料の微視組織と物性および機能性との相互の関連を具体的な評価試験法をあげて説明できる。材料の変形や破壊強度は材料を構成している微視組織に強く影響を受けていることを説明できる。材料の変形、破壊挙動を取り扱う上での基本的な材料強度評価試験法を説明できる。先端材料の機能・特性が何によって支配されているかを説明できる。

航空機設計開発統合特論 II 4 単位 Aircraft Design and Development II

航空工学において基礎となる知識を、講義・演習／実験／解析／レポートおよび発表までを統合して学ぶ体験型の科目である。航空機設計開発統合特論 I にて設計した模型航空機を試作し、ジェットエンジン実験、離陸実験、飛行実験などを行い、航空機設計開発の一連の流れを実践できる。

目標：航空機設計開発を学習、実践し、一連の流れを理解する。模型飛行機の飛行実験、ジェットエンジン実験方法などを学びかつ自ら実験できる能力を身につける。

制御系設計解析統合特論 I 4 単位 Feedback Control of Dynamic Systems I: Design and Synthesis

ロボットを制御するための理論—設計・シミュレーション—実装・実験までの一連の流れを修得する。はじめに、ロバスト制御理論およびシステム同定理論を学習する。つぎに、与えられた制御対象について、モデル化および制御系C A Dを利用した設計方法やシミュレーションによる評価方法を学習する。また、センサフュージョンや信号処理に関連した演習も行う。最後に、先に学習した知識を基に、パラメータの同定、設計、プログラムの実装を行い、制御系設計法の有効性を検証し、安定性や性能を評価する。

目標：ロバスト制御理論を中心とした制御理論を理解し、与えられた制御対象について制御系設計および制御系の評価・検証ができる。簡単なロボットを製作し、それを合目的に動作するために個々の要素を統合化し、制御システムとして構築できる。

制御系設計解析統合特論 II 4 単位 Feedback Control of Dynamic Systems II: Design and Synthesis

ロボットを制御するための理論—設計・シミュレーション—実装・実験までの一連の流れを修得する。はじめに、ロバスト制御理論およびシステム同定理論を学習する。つぎに、与えられた制御対象について、モデル化および制御系C A Dを利用した設計方法やシミュレーションによる評価方法を学習する。また、センサフュージョンや信号処理に関連した演習も行う。最後に、先に学習した知識を基に、パラメータの同定、設計、プログラムの実装を行い、制御系設計法の有効性を検証し、安定性や性能を評価する。

目標：講義で学習した制御理論や人工知能の概念を理解し、与えられた制御対象について制御系設計および制御系の評価・検証ができる。ロボットカーを制御対象に、それを合目的に動作するために個々の要素を統合して制御システムとして構築できる。

ものづくりデザイン統合特論 4 単位 Synthesized Machine Design

環境保全と省資源を達成するために、ものづくりにおいて循環型システムの構築が求められている。「環境とリサイクル」、「自動車リサイクル法」および「静脈産業論」などを学んだ後、身近な工業製品である「自動車」の解体産業での実習を通じて、自動車リサイクルの現状を認識し、リサイクルを配慮した逆生産設計を取り入れた部品設計法や最適リサイクルプロセス、リサイクル専用工具などの課題を自ら発掘し、その解決方法を文書化し、発表する。

目標：「環境とリサイクル」、「自動車リサイクル法」および「静脈産業論」を理解できる。自動車の解体産業の実習で現状を理解し、課題を提案できる。自ら提案した課題の解決方法を提案できる。解決方法を文書化し、発表できる。