

修士課程 講義要綱等

1. 機械工学専攻

(1) 教育課程表

大学院学則 別表(1)

部 類	コ ー ス	授 業 科 目	単 位 数	毎週授業時間数				備 考
				1 年次		2 年次		
				1	2	3	4	
[1] 講義	コ ー ス 共 通	ベンチャービジネス特論	1	1	< 1 >			集中
		経済学特論	1	1	< 1 >			集中
		地球環境科学特論	1	1	< 1 >			集中
		外国文化特論	1	1	< 1 >			集中
		機械工学特別講義Ⅰ	1	1	< 1 >			集中
		機械工学特別講義Ⅱ	1			1	< 1 >	集中
		航空宇宙工学特論	1	1	< 1 >			集中
		生産管理特論	1	1	< 1 >			集中
		情報数理解析学特論	1		1			集中
	機 械 工 学 コ ー ス	材料力学特論	2	2				
		材料強度学特論	2		2			
		環境材料工学特論	2	2				
		機械システム制御特論	2		2			
		溶融成形加工学特論	2	2				
		先端加工学特論	2		2			
		自動車運動力学特論	2		2			
		航空熱流体力学特論	2	2				
		熱流体シミュレーション特論	2		2			
		環境流体力学特論	2	2				
		トライボロジー設計学特論	2		2			
		加工組織学特論	2		2			
		強度設計学特論	2	2				
		熱エネルギーシステム設計学特論	2	2				
	変形加工学特論	2	2					
	総 合 機 械 工 学 コ ー ス	変形解析シミュレーション特論	2	2				
		機械システム材料学特論	2		2			
		信号処理特論	2	2				
		制御工学特論	2	2				
		コンピュータビジョン特論	2	2				
		情報処理技術特論	2		2			
		情報機械特論	2		2			
		燃焼工学特論	2		2			
熱流体計測特論	2	2						
[2] 演習	機 械 工 学 コ ー ス	材料力学特別演習	2		2			
		材料強度学特別演習	2			2		
		環境材料工学特別演習	2		2			
		機械システム制御特別演習	2			2		
		溶融成形加工学特別演習	2		2			
		先端加工学特別演習	2			2		
		自動車運動力学特別演習	2			2		
		航空熱流体力学特別演習	2		2			
		熱流体シミュレーション特別演習	2			2		
		環境流体力学特別演習	2		2			
		トライボロジー設計学特別演習	2			2		
		加工組織学特別演習	2			2		
		強度設計学特別演習	2		2			
		熱エネルギーシステム設計学特別演習	2		2			
		変形加工学特別演習	2		2			
	総 合 機 械 工 学 コ ー ス	変形解析シミュレーション特別演習	2		2			
		機械システム材料学特別演習	2			2		
		信号処理特別演習	2		2			
		制御工学特別演習	2		2			
		情報処理技術特別演習	2			2		
		情報機械特別演習	2			2		
		燃焼工学特別演習	2			2		
		熱流体計測特別演習	2		2			
[3] 研究	コ ー ス 共 通	特別研究Ⅰ	1.5	◎				
		特別研究Ⅱ	1.5		◎			
		特別研究Ⅲ	1.5			◎		
		特別研究Ⅳ	1.5				◎	
		学外研修	2	◎	< ◎ >			

材料力学特論 (Mechanics of Materials)

選択 2 単位 1 期 准教授 町屋 修太郎

授業時間内の学修 60 時間(毎週 4 時間)

【授業の概要】

材料力学は、各種構造物や機器の強度設計上必要となる工学の基礎学問である。その内容は引張・圧縮、曲げおよびねじり荷重等を受ける基本形状部材の力学的解析法、または各種荷重が複合したり、2 次元、3 次元的物体形状に対する力学的解析手法、材料の各種機械的性質とそれを支配する法則、特に材料がどのような条件の下で破損や破壊するか基準などについて、また残留応力の影響とその実測と応用の方法論などを含む。材料力学の基礎に加えて、以上に関連した以下の四つの分野について講義する。

- I. 応力・ひずみ場の解析法
- II. 疲労破壊
- III. 破壊力学
- IV. X 線応力測定法

【授業の内容】

- ①基本用語と法則
- ②引張・圧縮問題
- ③応力・ひずみ場の理論的解析法
- ④応力・ひずみ場の数値的解析法
- ⑤応力・ひずみ場の実験的解析法
- ⑥まとめ 1
- ⑦疲労破壊 I
- ⑧疲労破壊 II
- ⑨疲労破壊 III
- ⑩疲労破壊 IV
- ⑪破壊力学 I
- ⑫破壊力学 II
- ⑬残留応力の測定法の原理
- ⑭残留応力の測定法とその応用
- ⑮まとめ 2

【学修到達目標】

- ①三軸応力状態の概念が理解できる。
- ②疲労における応力寿命の概念が理解できる。

【成績評価の方法】課題提出(50%)、演習問題(50%)として評価する。

【教科書】プリント配布

【参考書】

材料力学特別演習 (Seminar on Mechanics of Materials)

選択 2 単位 2 期 准教授 町屋 修太郎

授業時間外の学修 60 時間(毎週 4 時間)

【授業の概要】

材料力学特別演習は、材料力学特論に続く授業であり、各種構造物や機器の強度設計上必要となる工学の応用演習である。材料力学特論では、以下の内容を中心に講義したが、これらに関連する問題解決の解析演習を、ケーススタディーを取り入れ実施する。また、専門英語に慣れるために英語の演習問題による課題演習を行う。

- I. 応力・ひずみ場の解析法
- II. 疲労破壊(応力寿命)
- III. 疲労破壊(ひずみ寿命)
- IV. X 線応力測定法とその応用

【授業の内容】

- ①基本演習
- ②応力寿命演習 I
- ③応力寿命演習 II
- ④応力寿命演習 III
- ⑤応力寿命演習 IV
- ⑥ひずみ寿命演習 I
- ⑦ひずみ寿命演習 II
- ⑧ひずみ寿命演習 III
- ⑨ひずみ寿命演習 IV
- ⑩破壊力学演習 I
- ⑪破壊力学演習 II
- ⑫破壊力学演習 III
- ⑬残留応力の測定法演習 I
- ⑭残留応力の測定法演習 II
- ⑮総合演習

【学修到達目標】

- ①疲労におけるひずみ寿命の概念が理解できる。
- ②応力拡大係数を説明できる。
- ③き裂進展の概念が理解できる。

【成績評価の方法】課題提出(50%)、演習問題(50%)として評価する。

【教科書】プリント配布

【参考書】

材料強度学特論 (Applied Strength of Materials)

選択

2 単位

2 期

教授

高田 健

授業時間内の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

工業における材料開発現場では、今後、従来よりもミクロ視点での材料強度の理解が必要となる傾向にある。理解に必要な知識は結晶材料中の原子間結合状態の電子論的描写である。本講義では、電子状態を記述する量子力学の基礎とこれに基づいた結晶材料中原子の結合と材料特性を論じる。さらに、結晶材料の解析技術も論じる。

【学修到達目標】

- ① 結晶材料中原子間の結合を量子力学視点で説明できる。
- ② 結晶材料の各種特性を電子状態の視点で説明できる。
- ③ 結晶材料の解析技術を論じることができる。

【授業の内容】

- ① 量子力学における電子の描写
- ② 一粒子の波動関数
- ③ 波動関数と物理量
- ④ 中心力場の一体問題
- ⑤ 多粒子系の波動関数
- ⑥ 結晶構造
- ⑦ 結晶中原子の結合状態
- ⑧ 格子振動
- ⑨ 金属の自由電子論
- ⑩ バンド理論
- ⑪ 格子欠陥
- ⑫ 原子の構造
- ⑬ 結晶材料の解析技術 1
- ⑭ 結晶材料の解析技術 2
- ⑮ 結晶材料の解析技術 3

【成績評価の方法】 レポート(60%)、演習(40%)

【教科書】 プリント配布

【参考書】 物性論(裳華房)、量子力学(1)(裳華房)

材料強度学特別演習 (Seminar on Material Science and Engineering)

選択

2 単位

3 期

教授

高田 健

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

材料強度の解釈に必要な固体物性を概観する。続いて、材料強度に影響を及ぼす析出物や固溶原子の形成と存在状態、および水素脆性の基礎として金属中の水素の存在状態について論じる。最後に、これらに関する最近の論文を解説する。論文解説を通じて、材料強度に関する知識の活用方法と研究開発課題の設定手法の習得を行う。

【学修到達目標】

- ① 最近の材料強度に関する研究開発レベルについて論じることができる。
- ② 析出・固溶強化による材料強度を論じることができる。
- ③ 金属中の水素の存在状態について論じることができる。

【授業の内容】

- ① 結晶の構造と結合力
- ② 結晶の電子状態 1
- ③ 結晶の電子状態 2
- ④ 転位論の基礎
- ⑤ 転位の弾性論
- ⑥ 降伏と加工硬化
- ⑦ 固溶強化
- ⑧ 析出強化
- ⑨ 引張強度解析
- ⑩ 金属中の原子の拡散
- ⑪ 金属中の水素の存在状態
- ⑫ 析出強化論文の解説 1
- ⑬ 析出強化論文の解説 2
- ⑭ 固溶強化論文の解説 1
- ⑮ 固溶強化論文の解説 2

【成績評価の方法】 レポート(40%)、演習(60%)

【教科書】 プリントと公開論文コピーの配布

【参考書】 材料強度の原子論(日本金属学会)、金属物理学序論(コロナ社)、物性論(裳華房)

環境材料工学特論 (Eco-Conscious Materials)

選択 2 単位 1 期 教授 徳納 一成 授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

社会基盤を支える構造用金属材料の特徴である「強度」と「加工性」を具備した信頼性おける実用材料の設計のためには、「原子構造」および「結晶構造」の本質を理解したうえで材料の「変形」を支配する因子を俯瞰し、需要家のニーズに応えるべく如何なる因子を機能させていくかを念頭におかねばならない。

本講義では、原子構造、結晶構造の基本を理解したうえで「格子欠陥」の概念を学習し、これらをもとに、変形の支配因子である「転位」を力点として塑性変形を考える基礎を学習することを目的とする。加えて、格子欠陥を媒介とした「拡散」についても学び、材料の状態図、マルテンサイト変態についての基礎も理解していく。

【学修到達目標】

- ① 代表的金属材料の結晶構造について説明できる。
- ② 金属材料中の格子欠陥の役割について説明できる。
- ③ 金属材料における転位と塑性変形の関係について説明できる。
- ④ 鉄鋼の状態図の詳細が説明できる。

【授業の内容】

- ① 原子構造
- ② 金属の結晶構造
- ③ 実在の金属の構造
- ④ 格子欠陥
- ⑤ 拡散
- ⑥ 塑性変形
- ⑦ 転位の基礎
- ⑧ 転位と塑性変形
- ⑨ 転位の観察
- ⑩ 金属の強さ
- ⑪ 材料の熱力学
- ⑫ 状態図
- ⑬ マルテンサイト変態
- ⑭ 実用材料 (鉄鋼材料)
- ⑮ 実用材料 (非鉄金属材料、非金属材料)

【成績評価の方法】 演習 (40%)、レポート (60%)

【教科書】 適宜プリントを配布

【参考書】 金属物理学序論 (コロナ社)

環境材料工学特別演習 (Seminar on Eco-Conscious Materials)

選択 2 単位 2 期 教授 徳納 一成 授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

環境材料工学特論での基礎学習をもとに、結晶中線状格子欠陥の「転位」の挙動把握を基軸として、実用構造材料に対して「強度」と「加工性」を与えるためのスキルを、ケーススタディを交えて学習する。

【学修到達目標】

- ① ピーチとケラーの式について説明できる。
- ② 刃状転位とらせん転位の応力場について説明できる。
- ③ 転位間の相互作用について説明できる。
- ④ 金属の加工硬化について具体的例を挙げて説明できる。
- ⑤ 金属材料の強化機構について説明できる。

【授業の内容】

- ① 転位の概念
- ② 転位の弾性論 I
- ③ 転位の弾性論 II
- ④ 転位にはたらく力
- ⑤ 転位の結晶学 I
- ⑥ 転位の結晶学 II
- ⑦ 転位の結晶学 III
- ⑧ 塑性変形の転位論 I
- ⑨ 塑性変形の転位論 II
- ⑩ 材料の強化機構 I
- ⑪ 材料の強化機構 II
- ⑫ 疲労と破壊の基礎
- ⑬ ケーススタディ I
- ⑭ ケーススタディ II
- ⑮ ケーススタディ III

【成績評価の方法】 演習 (40%)、レポート (60%)

【教科書】 適宜プリントを配布

【参考書】 入門転位論 (裳華房)

機械システム制御特論 (Mechanical Systems Control)

選択 2 単位 2 期 准教授 杉谷 啓 授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

現代では、様々な機械装置が制御によって仕様要求通りの動作を実現している。大半の場合は学部にて学んだ伝達関数によってシステムを表現する古典的制御でも十分であるが、近年では相互に作用する複数のパラメータを同時に制御する多入力多出力が求められる機会が多くなっており、状態方程式を用いてシステムを表現する現代制御の考え方が重要になってきている。そこで本講義では、古典的制御の設計法とともに現代制御理論について学ぶことで現代機械システムの制御の基礎および制御機構設計法の習得することとする。

【学修到達目標】

- ①状態方程式を用いた動的システムのモデル化ができる。
- ②機械システムの安定性解析ができる。
- ③機械の基本的制御システムを設計できる。

【授業の内容】

- 1.制御の基礎
- 2.システムの状態方程式表現①
- 3.システムの状態方程式表現②
- 4.システムの伝達関数
- 5.位相面軌道
- 6.システムの安定性①
- 7.システムの安定性②
- 8.PID 制御①
- 9.PID 制御②
- 10.可制御性と可観測性①
- 11.可制御性と可観測性②
- 12.状態フィードバック制御とオブザーバ①
- 13.状態フィードバック制御とオブザーバ②
- 14.最適制御①
- 15.最適制御②

【成績評価の方法】講義での課題(60%)とレポート(40%)の評価、*出席は欠かせない必要要件

【教科書】

【参考書】JSME テキストシリーズ「制御工学」，「演習制御工学」，吉川・井村著「現代制御論」昭晃堂

機械システム制御特別演習 (Seminar on Mechanical Systems Control)

選択 2 単位 3 期 准教授 杉谷 啓 授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

本講義ではシミュレーションおよび設計・実装を通して機械システム制御特論および学部の講義で学んだ制御設計法の習得を目的とする。ここでは主に基本的な位置決め機構の一つである直動システムをベースにモデル化・解析・設計・実装・性能試験を通して行い、制御設計の一連の流れを学ぶ。

【学修到達目標】

- ①制御系技術文書を読むことができる。
- ②機械システムの安定性解析ができる。
- ③コンピュータを活用して機械の基本的制御システムを設計できる。

【授業の内容】

- 1.制御の理論と概要
- 2.コンピュータによる機械システムのモデル表現①
- 3.コンピュータによる機械システムのモデル表現②
- 4.コンピュータによる制御系解析①
- 5.コンピュータによる制御系解析②
- 6.コンピュータによる制御系設計
- 7.コンピュータを用いたサーボ制御
- 8.直動システムのモデリング・解析①
- 9.直動システムのモデリング・解析②
- 10.PID 制御による直動システムのサーボ制御
- 11.最適制御による直動システムのサーボ制御
- 12.倒立振子のモデリング・解析
- 13.倒立振子を用いた総合実習①
- 14.倒立振子を用いた総合実習②
- 15.倒立振子を用いた総合実習③

【成績評価の方法】講義での課題(60%)とレポート(40%)の評価、*出席は欠かせない必要要件

【教科書】

【参考書】

溶融成形加工学特論 (Casting and Solidification Processing)

選択

2 単位

1 期

教授

前田 安郭

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

ものづくりの基本となる金属の溶融凝固現象を主軸として、溶融及び凝固現象を用いた成形加工法の特徴、技術、理論について学ぶ。加えて、その周辺の加工技術や支援ツールについても学習する。

【学習到達目標】

- ① 鑄造 CAE を概説できる。
- ② 鑄造 CAE の伝熱・凝固解析を理解している。
- ③ 鑄造 CAE の湯流れ解析を理解している。

【授業の内容】

- ① 鑄造 CAE とは
- ② 表面積、体積、モジュラスなど基本情報計算
- ③ 熱伝導解析の基礎
- ④ 熱伝導の数値解析
- ⑤ 凝固解析の基礎
- ⑥ 凝固の数値解析
- ⑦ 引け巣の推定
- ⑧ ケーススタディ 1
- ⑨ 流動の基礎方程式
- ⑩ 通気性物質内流れの解析
- ⑪ 自由表面を伴う流れ解析の基礎
- ⑫ 表面張力と背圧
- ⑬ 熱を伴う流動の解析
- ⑭ ケーススタディ 2
- ⑮ 総合討議

【成績評価の方法】講義での課題(80%)とレポート(20%)の評価

【教科書】コンピュータ伝熱・凝固解析入門—鑄造プロセスへの応用 大中逸雄著(丸善)※絶版に付きコピー配布

【参考書】鑄造工学、金属凝固に関する書籍、学術雑誌

溶融成形加工学特別演習 (Seminar on Casting and Solidification Processing)

選択

2 単位

2 期

教授

前田 安郭

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

ものづくりの基本となる金属の溶融凝固現象を主軸として、溶融及び凝固現象を用いた成形加工法、周辺技術、支援ツールの現状と動向について輪講と演習を交えて学習する。

【学習到達目標】

- ① 押湯方案を説明できる。
- ② 砂型鑄物鑄造方案を説明できる。
- ③ 鑄造 CAE のシミュレーション結果を説明できる。

【授業の内容】

- ① 鑄造方案とは
- ② 湯口設計
- ③ 鑄込み時間と湯流れ
- ④ 押湯方案
- ⑤ 凝固時間と引け巣
- ⑥ 鑄鉄鑄物の概要
- ⑦ 砂型鑄造法の概要
- ⑧ 生型鑄造とその他の砂型鑄造
- ⑨ 鑄鉄鑄物の方案
- ⑩ 鑄造 CAE 演習 (1)
- ⑪ 鑄造 CAE 演習 (2)
- ⑫ 鑄造 CAE 演習 (3)
- ⑬ 鑄造 CAE 演習 (4)
- ⑭ 鑄造 CAE 演習 (5)
- ⑮ 鑄込み演習
- ⑯ 鑄物観察とシミュレーションによる検証

【成績評価の方法】講義での課題(80%)とレポート(20%)の評価

【教科書】学術雑誌

【参考書】鑄造工学、金属凝固に関する書籍、学術雑誌

先端加工学特論 (Progress Machining)

選択	2 単位	2 期	教授	萩野 将広	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

切削や研削などの機械加工はものづくりの基本技術である。本講義では切削加工，研削加工に関する講義に加えて，積層造形などの付加加工を可能とする加工技術と原理について講義する。また，ものづくりに携わる技術者として生産工程や加工方法など「作るための方法」を合理的に選択する能力が求められており，これについて各種加工方法の基礎から先端技術まで合わせて講義する。

【学修到達目標】

- ① 切削加工で起きる工具損傷について材料の被削性と関連付けて説明ができる。
- ② 切削加工における工具・材料間で起きる力学的特性について説明できる。
- ③ 砥粒加工が持つ特徴や特性について加工メカニズムから説明ができる。
- ④ 生産工程に合わせて加工方法や工作機械を選定するための合理的な説明ができる。

【成績評価の方法】 演習問題（40%）および課題レポートの内容（60%）により評価する

【教科書】 なし（適宜プリント配布）

【参考書】 機械製作要論（養賢堂）など

【授業の内容】

- ① 機械加工法技術序論
- ② 工作機械とは
- ③ 切削加工とは
- ④ 切削加工における力学的挙動
- ⑤ 被削性
- ⑥ 工具損傷と摩耗
- ⑦ 砥粒加工法の原理と特徴
- ⑧ 微細加工法の特徴
- ⑨ レーザー加工法の原理・特徴
- ⑩ アディティブマニファクチャリングとは
- ⑪ 電子ビーム加工法の原理
- ⑫ 電子ビーム加工法の特徴
- ⑬ イオン加工法の原理と特徴
- ⑭ 化学的加工法の原理と特徴
- ⑮ 総括・課題説明・Q&A

先端加工学特別演習 (Seminar on Progress Machining)

選択	2 単位	3 期	教授	萩野 将広	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

機械加工において重要な位置を占める切削加工，研削加工に加えて，アディティブマニファクチャリングに関し，内外の技術論文を使い輪講と演習を行う。

また，機械加工に必要な不可欠な工作機械，特に複合加工機について実際の適用例を挙げ実学に基づき輪講と演習を行う。

【学修到達目標】

- ① 切削加工に関する内外の技術論文を読み取りその内容について説明ができる。
- ② アディティブマニファクチャリングの特性と特徴を理解し，その技術の適応について説明できる。
- ③ 複合加工機の特性と特徴を理解し，その技術の適応について説明できる。

【授業の内容】

- ① 切削機構と材料挙動の理解(1)
- ② 切削機構と材料挙動の理解(2)
- ③ 切削機構と材料挙動の理解(3)
- ④ 研削機構と材料挙動の理解(1)
- ⑤ 研削機構と材料挙動の理解(2)
- ⑥ 切削加工と研削加工の総括(1)
- ⑦ レーザービーム加工の理解(1)
- ⑧ レーザービーム加工の理解(2)
- ⑨ アディティブマニファクチャリングの理解(1)
- ⑩ アディティブマニファクチャリングの理解(2)
- ⑪ アディティブマニファクチャリングの理解(3)
- ⑫ 工作機械の理解(1)
- ⑬ 工作機械の理解(2)
- ⑭ 複合加工機の理解(1)
- ⑮ 複合加工機の理解(2)と統括

【成績評価の方法】 演習問題（40%）およびレポートの内容（60%）により評価する

【教科書】 なし（適宜プリント配布）

【参考書】 機械製作要論（養賢堂）など

航空熱流体力学特論 (Advanced Thermofluid Dynamics)

選択 2 単位 1 期 教授 白石 裕之

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

学部（機械工学科）の開講科目「航空熱流体力学／航空宇宙工学」と関連して、宇宙機・航空機の熱流体・音響現象、特に推進システムの最新の動向について理解を深めてもらうため、まずは気体の圧縮性についての基本的事項を整理する。その上で、最新の動向や具体的な工学応用例について論じる。

【学習到達目標】

- ① 機械工学に必要なエネルギーについての大分類ができる。
- ② 航空機と宇宙機の違いを理解し、具体例を正確に挙げることができる。
- ③ 航空騒音の原因および対策について簡単に述べるができる。
- ④ 非化学（非燃焼）推進システムの具体例を挙げることができる。

【授業の内容】

- ① エネルギーの分類
- ② 航空熱力学／航空宇宙工学の概要
- ③ 航空機と宇宙機
- ④ 化学エンジンと非化学エンジン
- ⑤ 打ち上げロケットと軌道
- ⑥ 海外出張報告・最新トピックの紹介など（1）
- ⑦ 空力音の基礎と航空騒音
- ⑧ 衝撃波・爆轟波と原子力発電
- ⑨ 爆轟波の推進システムへの応用と問題点
- ⑩ 光エネルギーの特徴と利用法
- ⑪ 光宇宙推進システムの概要と分類
- ⑫ 電磁波宇宙推進システムの概要と動向
- ⑬ その他の先端宇宙推進システムの動向
- ⑭ 海外出張報告・最新トピックの紹介など（2）
- ⑮ まとめ・課題発表
- ⑯ 課題精読

【成績評価の方法】 平常点（小テスト・受講態度など） 50% 及び 課題提出 50% による総合評価

【教科書】 なし

【参考書】 特に指定しない。

航空熱流体力学特別演習 (Seminar on Thermofluid Dynamics)

選択 2 単位 2 期 教授 白石 裕之

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

航空熱流体力学特論と関連して、航空宇宙工学のトピック紹介およびそれに関する具体的な問題を演習する。その上で、航空宇宙技術を念頭に置いた工学用語についての確認及び具体的問題に関する演習を行う。

なお、宇宙機・航空機システムなどの動向について理解を深めてもらうため、希望に応じて和文英文購読やコンピュータ演習の実施も考えている。

【学習到達目標】

- ① 航空宇宙工学に特有の科学技術用語について、具体的に理解する。
- ② 技術用語を有するパンフレットやマニュアルを理解できる。
- ③ 航空宇宙シミュレーションの重要性について、簡単に述べるができる。

【授業の内容】

- ① 航空熱流体力学特論の復習
- ② 航空宇宙の最新動向（1）
- ③ 航空宇宙の最新動向（2）
- ④ 航空宇宙工学問題演習（1）
- ⑤ 航空宇宙工学問題演習（2）
- ⑥ 航空宇宙工学問題演習（3）
- ⑦ 航空宇宙工学特別演習テーマの選定（1）
- ⑧ 航空宇宙工学特別演習テーマの選定（2）
- ⑨ 航空宇宙工学特別演習（1）
- ⑩ 航空宇宙工学特別演習（2）
- ⑪ 中間発表
- ⑫ 航空宇宙工学特別演習（3）
- ⑬ 航空宇宙工学特別演習（4）
- ⑭ 航空宇宙工学特別演習（5）
- ⑮ まとめ

【成績評価の方法】 課題（購読・解析など特別演習・発表） 50% および 問題演習 50% による総合評価

【教科書】 なし

【参考書】 なし

熱流体シミュレーション特論 (Heat Transfer Simulation)

選択 2 単位 2 期 准教授 坪井 涼

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

熱流体シミュレーションの基礎となる、熱工学・流体工学の支配方程式の基礎から復習を行い、数値計算法によるシミュレーションの方法を学ぶ。また、自作のプログラムおよび商用ソフトウェアを用い、実際にシミュレーションを行う手法を学び、その手法について知識を深める。

【学習到達目標】

- ⑤ 数値計算の概要を説明できる。
- ⑥ 熱流体工学で用いられる基礎方程式を理解している。
- ⑦ 差分法を用いたプログラムが作成できる。

【授業の内容】

- ① 数値計算・計算工学の概要 (1)
- ② 数値計算・計算工学の概要 (2)
- ③ 伝熱工学で用いる支配方程式 (1)
- ④ 伝熱工学で用いる支配方程式 (2)
- ⑤ 流体工学で用いる支配方程式 (1)
- ⑥ 流体工学で用いる支配方程式 (2)
- ⑦ 数値計算の基礎 (1)
- ⑧ 数値計算の基礎 (2)
- ⑨ 熱伝導方程式を用いたシミュレーション (1)
- ⑩ 熱伝導方程式を用いたシミュレーション (2)
- ⑪ レイノルズ方程式を用いたシミュレーション (1)
- ⑫ レイノルズ方程式を用いたシミュレーション (2)
- ⑬ ナビエ・ストークス方程式を用いたシミュレーション (1)
- ⑭ ナビエ・ストークス方程式を用いたシミュレーション (2)
- ⑮ 総括

【成績評価の方法】 演習・レポート (100%)

【教科書】 適宜プリントを配布

【参考書】

熱流体シミュレーション特別演習 (Seminar on Heat Transfer Simulation)

選択 2 単位 3 期 准教授 坪井 涼

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

熱流体シミュレーション特論で講義した内容に関する演習を行い、理解を深め、自ら課題を解決する能力を養う。また、最近の学術的研究資料の輪講を適宜行う。

【学習到達目標】

- ① マルチフィジックスについて説明ができる。
- ② 熱流体シミュレーションと実験の関係について説明ができる。
- ③ 学術界・産業界で用いられている最先端の熱流体シミュレーションについて説明ができる。

【授業の内容】

- ① 数値計算 (シミュレーション) の基礎
- ② マルチフィジックス現象のシミュレーション (1)
- ③ マルチフィジックス現象のシミュレーション (2)
- ④ 熱流体シミュレーションの実例 (1)
- ⑤ 熱流体シミュレーションの実例 (2)
- ⑥ 熱流体シミュレーションの実例 (3)
- ⑦ 熱流体シミュレーションの実例 (4)
- ⑧ 熱流体工学におけるシミュレーションと実験の関係 (1)
- ⑨ 熱流体工学におけるシミュレーションと実験の関係 (2)
- ⑩ 熱流体工学におけるシミュレーションと実験の関係 (3)
- ⑪ 熱流体工学におけるシミュレーションと実験の関係 (4)
- ⑫ 熱流体シミュレーションの最先端 (1)
- ⑬ 熱流体シミュレーションの最先端 (2)
- ⑭ 熱流体シミュレーションの最先端 (3)
- ⑮ 総括

【成績評価の方法】 演習・レポート (100%)

【教科書】 適宜プリントを配布

【参考書】

環境流体力学特論 (Environmental Fluid Dynamics)

選択	2 単位	1 期	教授	神崎 隆男	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
【授業の概要】			【授業の内容】		
大気・海洋中や工業装置内の流動現象は、乱流である場合が多く、流体中で物質移動・熱移動・化学反応を伴うケースが多い。 本講義では、学部で学習した流体力学をもとに、時間的・空間的に変化する乱流現象の工学的な取扱い方を輸送現象の観点から学習する。 講義の前半では、基礎的な乱流輸送現象・乱流理論等について学習し、後半では、実用的な実験手法やデータ解析手法、数値予測手法等を学習する。適宜、受講生のプレゼンテーション、演習、レポート提出を実施する。			①輸送現象 1 (運動量輸送) ②輸送現象 2 (熱輸送) ③輸送現象 3 (物質輸送) ④輸送現象に関する演習 ⑤乱流現象 1 ⑥乱流現象 2 ⑦乱流理論 ⑧乱流現象に関する演習 ⑨実験手法概説 1 ⑩実験手法概説 2 ⑪実験手法・実験データ解析に関する演習 ⑫数値解析手法概説 1 ⑬数値解析手法概説 2 ⑭数値解析手法に関する演習 ⑮環境流体力学全般に関する演習		
【学修到達目標】					
①運動量・熱・物質の輸送方程式を理解できる。 ②連続の式と Navier-Stokes 方程式を導出できる。 ③Navier-Stokes 方程式から Reynolds 方程式を導出できる。 ④乱流モデルを説明できる。					
【成績評価の方法】 演習・レポート提出(40%)とプレゼンテーション内容(60%)					
【教科書】 適宜プリントを配付					
【参考書】 機械系講義シリーズ⑬流体力学の基礎(1) 中林功一 他 コロナ社 機械系講義シリーズ⑭流体力学の基礎(2) 中林功一 他 コロナ社 Transport Phenomena R.B.Bird 他 WILEY Turbulent Flows Stephen B. Pope, Cambridge University Press					

環境流体力学特別演習 (Seminar on Environmental Fluid Dynamics)

選択	2 単位	2 期	教授	神崎 隆男	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
【授業の概要】			【授業の内容】		
環境流体力学特論で学習した内容に基づき、学術雑誌等より、環境流体力学に関するトピックスを選定し、各回毎に受講学生に割り当てる。担当の学生は、演習として、内容に関するプレゼンテーションを行い、その内容について全員で討議を行う。専門的・技術的な内容について適宜、講義を行う。			①乱流輸送現象 ②気相中の乱流輸送現象 1 ③気相中の乱流輸送現象 2 ④気相中の乱流輸送現象 3 ⑤液相中の乱流輸送現象 1 ⑥液相中の乱流輸送現象 2 ⑦液相中の乱流輸送現象 3 ⑧混相流中の乱流輸送現象 1 ⑨混相流中の乱流輸送現象 2 ⑩混相流中の乱流輸送現象 3 ⑪混相流中の乱流輸送現象 4 ⑫反応乱流中の輸送現象 1 ⑬反応乱流中の輸送現象 2 ⑭反応乱流中の輸送現象 3 ⑮総合討議		
【学修到達目標】					
①乱流の特徴を説明できる。 ②乱流の拡散性を説明できる。 ③乱流の時間スケール・長さスケールを説明できる。 ④乱流輸送現象を説明できる。					
【成績評価の方法】 レポート提出 (40%) とプレゼンテーション内容 (60%)					
【教科書】 適宜プリントを配付					
【参考書】 A First Course in Turbulence Henk Tennekes, John L. Lumley, The MIT Press Turbulent Flows Stephen B. Pope, Cambridge University Press					

トライボロジー設計学特論 (Tribological Designing)

選択 2 単位 2 期 講師 宮本 潤示

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

トライボロジーとは、摺動部における摩擦・摩耗潤滑を総合的にとらえた学問と技術である。機械システムには必ず摺動部が存在し、適切な状態で運転をしないと、効率の低下ばかりでなく機械システムそのものの破損に至る場合もある。また、機械システムの省エネルギー化や地球環境への負担低減などの製品への付加価値を高める即効的な技術として考えられる。

本特論では摺動部の適切な設計能力を養うために、摩擦・摩耗・潤滑の基礎について適宜受講者のプレゼンテーションを交えて学ぶ。

【学修到達目標】

- ① 固体表面の接触状態について説明できる。
- ② 摩擦および摩耗の理論を説明できる。
- ③ ストライベック線図を説明できる。
- ④ 流体潤滑、弾性流体潤滑を説明できる。

【授業の内容】

- ① トライボロジーとは
- ② 表面形状および粗さ曲線
- ③ 表面の性質、固体表面の接触
- ④ 固体表面の摩擦 (1)
- ⑤ 固体表面の摩擦 (2)
- ⑥ 固体表面の摩擦 (3)
- ⑦ 固体表面の摩耗 (1)
- ⑧ 固体表面の摩耗 (2)
- ⑨ 流体潤滑と弾性流体潤滑 (1)
- ⑩ 流体潤滑と弾性流体潤滑 (2)
- ⑪ 境界潤滑と混合潤滑 (1)
- ⑫ 境界潤滑と混合潤滑 (2)
- ⑬ 潤滑剤
- ⑭ トライボロジーの応用 (1)
- ⑮ トライボロジーの応用 (2)

【成績評価の方法】 演習・レポート (100%)

【教科書】基礎から学ぶトライボロジー： 橋本巨 森北出版

【参考書】はじめてのトライボロジー： 佐々木信也、他 講談社

トライボロジー設計学特別演習 (Seminar on Tribological Designing)

選択 2 単位 3 期 講師 宮本 潤示

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

トライボロジー設計学特論で学習した内容に基づき、表面の分析法や表面改質法などの応用について学ぶ。内容については受講者のプレゼンテーションを交えて学習を行う。また、最近のトライボロジー研究の資料の輪講を行う。

【学修到達目標】

- ① 表面観察分析法について説明できる。
- ② 表面化学分析法について説明できる。
- ③ 表面改質法について説明できる。

【授業の内容】

- ① トライボロジーの基礎
- ② 表面観察分析法 (1)
- ③ 表面観察分析法 (2)
- ④ 表面観察分析法 (3)
- ⑤ 表面化学分析法 (1)
- ⑥ 表面化学分析法 (2)
- ⑦ 表面化学分析法 (3)
- ⑧ 表面化学分析法 (4)
- ⑨ 摩擦摩耗試験法
- ⑩ トライボマテリアルと表面改質法 (1)
- ⑪ トライボマテリアルと表面改質法 (2)
- ⑫ トライボマテリアルと表面改質法 (3)
- ⑬ 近年のトライボロジー研究 (1)
- ⑭ 近年のトライボロジー研究 (2)
- ⑮ 近年のトライボロジー研究 (3)

【成績評価の方法】 演習・レポート (100%)

【教科書】基礎から学ぶトライボロジー： 橋本巨 森北出版

【参考書】はじめてのトライボロジー： 佐々木信也、他 講談社

加工組織学特論 (Microstructure Evolution in Processing)

選択	2 単位	2 期	教授	田中 浩司	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

機械部品の製造においては、金属素材に歪みを加えて成形した上で、熱を加えて接合したり必要な機械的特性を付与する。素材の化学成分、表面性状、そして成形加工の履歴は高温プロセス中にミクロ組織形成に影響を与え、製品の品質に直結する。

本講では組織変化の基礎として自由エネルギーから相平衡と駆動力の考え方を解説し、主に拡散変態の速度論に重点を置いて講義する。その後、素材の表面酸化や加工変質層が接合・熱処理工程に及ぼす影響について事例を示し、その素過程である拡散が促進または阻害される種々の要因を学習する。

【学習到達目標】

- ① 2 成分系の自由エネルギー曲線を使って、2 相平衡を説明できる
- ② 鉄鋼のオーステナイトからフェライトへの相変態機構を説明し、成長速度式を記述できる
- ③ 溶接部の組織分布と靱性の関係、およびこれにもとづく靱性確保のための方策を理解している

【成績評価の方法】 課題レポートによる評価

【教科書】 講義資料の配付

【参考書】 金属材料組織学（朝倉書店）

【授業の内容】

- ① 系と成分、相律、状態図を構成する相境界
- ② 2 元系の相平衡と自由エネルギー
- ③ 多元系の状態図・活量・化学ポテンシャル
- ④ 核生成・成長による相変態の速度式
- ⑤ 合金鋼のフェライト成長における局所平衡
- ⑥ 加工変質層の相変態
- ⑦ せん断型無拡散変態 1
- ⑧ せん断型無拡散変態 2
- ⑨ 酸化反応のポテンシャル
- ⑩ 高温酸化
- ⑪ 浸炭焼入れ組織と浸炭不良
- ⑫ 溶接の入熱・溶融・凝固偏析
- ⑬ 溶接金属部/熱影響部の組織と靱性
- ⑭ ろう付けにおける溶質拡散
- ⑮ 総括・課題説明・Q&A

加工組織学特別演習 (Seminar on Microstructure Evolution)

選択	2 単位	3 期	教授	田中 浩司	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

機械部品の製造技術は、新たな素材や少量生産機の登場により進化している。今後、高付加価値の機械部品の創出に向けては、新プロセスにおける材料組織の変化を予見し、特性低下を未然に防ぐよう加工条件を変更する必要がある。

本演習では、まず熱力学計算により実用鋼の融点や相変態点を予測する方法を実習する。その後、実用鋼を用いて相変態を検出する実験 2 種類を行い、形成されたミクロ組織について理解を深める。

また具体的な部品形状を設定し、各種熱源で加熱した時の温度分布、また同時に溶融や相変態を扱うことのできるマルチフィジックスシミュレーションを実行し、材料の相変態データを部品の高温プロセスに適用する際の課題について考える。

【学習到達目標】

- ① 熱力学計算によって相平衡を決定するため、系の自由度をゼロにするという概念が分かる。
- ② 熱履歴によってフェライト組織がその形状を変え、溶接割れの原因となることを理解している。
- ③ 有限要素法に基づきワークの温度分布をシミュレーションするソフトウェアの仕組みが分かる。

【成績評価の方法】 実験／シミュレーションの発表内容による評価

【教科書】 なし

【参考書】 学術雑誌（まてりあ、鉄と鋼、熱処理など）

【授業の内容】

- ① 論文輪講
- ② 熱力学計算 (1)
- ③ 熱力学計算 (2)
- ④ 熱力学計算 (3)
- ⑤ 実験：相変態挙動の解析 (1)
- ⑥ 実験：相変態挙動の解析 (2)
- ⑦ 論文輪講
- ⑧ 実験：熱影響部 (HAZ) の再現 (1)
- ⑨ 実験：熱影響部 (HAZ) の再現 (2)
- ⑩ HAZ 組織の検査
- ⑪ 部品加熱のシミュレーション (1)
- ⑫ 部品加熱のシミュレーション (2)
- ⑬ 部品の焼入れシミュレーション (1)
- ⑭ 部品の焼入れシミュレーション (2)
- ⑮ まとめ・発表

強度設計学特論 (Strength Design)

選択 2 単位 1 期 教授 西脇 武志

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

機械部品の設計においては、CAD と容易に連携できる線形の構造解析が多く活用されている。これらの設計手段を有効に活用するためには、応力やひずみなどの理解が不可欠である。その基礎となっている固体力学を学び、構造解析の理解を深める。

【学習到達目標】

- ① 応力の座標変換ができる。
- ② 応力の不変量、ミーゼス応力が説明できる。
- ③ ひずみについて説明できる。
- ④ 構成式について説明できる。
- ⑤ 仮想仕事の原理について説明できる。

【授業の内容】

- ① CAE による部品の強度設計
- ② 力学、数学の基礎
- ③ コーシーの式
- ④ 応力の定義
- ⑤ 力のつりあい
- ⑥ 応力の座標変換
- ⑦ 応力の不変量
- ⑧ 色々な応力
- ⑨ 変位と変形
- ⑩ 変位勾配
- ⑪ 微小ひずみ、有限ひずみ
- ⑫ 応力とひずみの関係（構成式）
- ⑬ エネルギー原理
- ⑭ 仮想仕事の原理
- ⑮ まとめと総合演習

【成績評価の方法】 レポートの提出

【教科書】 適宜プリントを配布

【参考書】 講談社 はじめての固体力学 有光隆

強度設計学特別演習 (Seminar on Strength Design)

選択 2 単位 2 期 教授 西脇 武志

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

強度設計学特論で学習した固体力学が、CAE のソフトウェアでどのように利用されているかを学ぶ。また、ソフトウェアの実習を通じて、部品の強度の設計、評価方法を学ぶ。

【学習到達目標】

- ① 有限要素法の仕組みが分かる。
- ② CAE ソフトウェアの基本的な使い方が理解できる。
- ③ CAE ソフトウェアによる線形静解析ができる。

【授業の内容】

- ① 弾性力学の基礎
- ② 形状関数
- ③ 1 次元問題と有限要素法
- ④ 2 次元問題への拡張
- ⑤ 2 次元問題と有限要素法 1
- ⑥ 2 次元問題と有限要素法 2
- ⑦ 有限要素法の演習
- ⑧ ソフトウェアの操作方法
- ⑨ ソフトウェアを用いた構造解析の演習 1
- ⑩ ソフトウェアを用いた構造解析の演習 2
- ⑪ ソフトウェアを用いた構造解析の演習 3
- ⑫ ソフトウェアを用いた構造解析の演習 4
- ⑬ ソフトウェアを用いた構造解析の演習 5
- ⑭ ソフトウェアを用いた構造解析の演習 6
- ⑮ まとめと総合演習

【成績評価の方法】 レポートの提出

【教科書】 適宜プリントを配布

【参考書】 日刊工業新聞社 CAE のための材料力学 遠田治正

変形加工学特論 (Sheet Metal Forming)

選択 2 単位 1 期 教授 蔦森 秀夫 授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

自動車は省燃費と衝突安全性の相反する課題を克服するべく、自動車ボディの構成・材料が大きく変わり、グローバルで激しく競争している。一部の高級車では構造部材として炭素繊維強化プラスチックが採用され、量販車であっても 1300MPa 級程度の高張力鋼板の採用も当たり前になっている。本講義では、自動車ボディを構成する高張力鋼板や軟鋼板などに求められる性能やプレス成形の難しさを理解するために必要な知識について解説する。近年のプレス技術に不可欠なプレス成形シミュレーションの利用および研究のために必要な基本知識と弾塑性力学について学ぶ。

【学習到達目標】

- ① 応力テンソルを理解し応力・ひずみの座標変換ができる。
- ② 弾性変形および塑性変形について説明できる。
- ③ 塑性ポテンシャルと関連流動則を説明できる。
- ④ 板材成形の異方性について説明できる。
- ⑤ Hill の局部くびれ理論に基づき、板のくびれ方向を計算できる。

【成績評価の方法】 レポートの提出

【教科書】 適宜プリントを配布

【参考書】 共立出版 弾塑性力学の基礎 吉田総仁

【授業の内容】

- ① 自動車ボディプレス部品の成形シミュレーション
- ② 材料の塑性変形挙動
- ③ 単純な応力状態における弾塑性問題
- ④ 2 次元応力テンソル
- ⑤ ひずみテンソルと座標変換
- ⑥ 降伏条件
- ⑦ 応力ひずみ解析の基礎方程式
- ⑧ ひずみ増分理論と全ひずみ理論
- ⑨ 加工硬化の表現
- ⑩ 塑性ポテンシャルと関連流動則
- ⑪ 弾塑性変形に関するドラッカーの仮説と最大塑性仕事の原理
- ⑫ 薄板の塑性不安定問題
- ⑬ 異方性降伏条件
- ⑭ 2 軸応力下の不安定
- ⑮ まとめと総合演習

変形加工学特別演習 (Seminar on Sheet Metal Forming Simulation)

選択 2 単位 2 期 教授 蔦森 秀夫 授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

本演習は変形加工学特論の内容を受けて、プレス成形シミュレーションソフトを実際に使ってみる。材料特性、工具の形状、工具の動き、などの条件を入力し、解析する。さらに、解析条件や材料特性値などの諸条件を変更し、その影響を確認し、まとめた結果を発表する。前半に汎用のソフトウェア LS-DYNA を用い、後半ではプレス専用ソフト JSTAMP-NV を用いる。

【学習到達目標】

- ① 動的陽解法有限要素ソフト LS-DYNA の基本的な使い方を理解し、簡単なキーワード入力ができる。
- ② 適切なモデルの作成とメッシュ分割ができる。
- ③ 解析を通じて材料特性と異方性の関係について説明できる。
- ④ 解析を通じてスプリングバックと材料特性の関係、およびプレス条件の関係について説明できる。
- ⑤ 解析を通じて歩留まりとプレス条件の関係について説明できる。

【授業の内容】

- ① 解析目的の理解とソフトウェア操作方法
- ② 引張試験モデルの解析 1
- ③ 引張試験モデルの解析 2
- ④ 引張試験モデルの解析 3
- ⑤ 引張試験モデルの解析 3
- ⑥ 引張試験モデルのプレゼンテーション
- ⑦ ハット絞りモデルのスプリングバック解析 1
- ⑧ ハット絞りモデルのスプリングバック解析 2
- ⑨ ハット絞りモデルのスプリングバック解析 3
- ⑩ ハット絞りモデルのスプリングバック解析 4
- ⑪ ハット絞りモデルのプレゼンテーション
- ⑫ 歩留まり検討モデルの解析 1
- ⑬ 歩留まり検討モデルの解析 2
- ⑭ 歩留まり検討モデルの解析 3
- ⑮ 歩留まり検討モデルのプレゼンテーション

【成績評価の方法】 解析内容のプレゼンテーションにより評価する

【教科書】 適宜プリントを配布

【参考書】

変形解析シミュレーション特論 (Deformation Analysis Simulation)

選択

2 単位

1 期

教授

小森 和武

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

材料力学や材料加工の分野で広く用いられている、弾性、弾塑性そして剛塑性有限要素法の基礎である弾塑性力学の基礎を学習する。

【学修到達目標】

- ①日本語の論文を読める。
- ②総和規約を理解している。
- ③テンソルを理解している。
- ④テンソル表記の式を変形できる。

【授業の内容】

- ① 弾塑性変形
- ② 総和規約
- ③ ベクトル
- ④ テンソル
- ⑤ ひずみ
- ⑥ 応力
- ⑦ フックの法則
- ⑧ ミーゼスの降伏関数
- ⑨ ヒルの降伏関数
- ⑩ ドラッカーの仮説
- ⑪ 相当応力と相当ひずみ
- ⑫ プラントルーロイスの式
- ⑬ レビー－ミーゼスの式
- ⑭ 弾性体の変分原理
- ⑮ 塑性体の変分原理

【成績評価の方法】 レポート (100%)

【教科書】 富田佳宏著 弾塑性力学の基礎と応用 森北出版

【参考書】 弾性力学及び塑性力学に関する本

変形解析シミュレーション特別演習 (Seminar on Deformation Analysis Simulation)

選択

2 単位

2 期

教授

小森 和武

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

弾塑性力学の基礎である連続体力学の基礎を演習により学習する。

【学修到達目標】

- ①英語の専門用語を理解している。
- ②英語の教科書を理解している。
- ③英語の演習問題を理解している。
- ④英語の演習問題を解ける。

【授業の内容】

- ① Mathematical Foundations
- ② Mathematical Foundations
- ③ Mathematical Foundations
- ④ Analysis of Stress
- ⑤ Analysis of Stress
- ⑥ Deformation and Strain
- ⑦ Deformation and Strain
- ⑧ Motion and Flow
- ⑨ Motion and Flow
- ⑩ Fundamental Laws of Continuum Mechanics
- ⑪ Fundamental Laws of Continuum Mechanics
- ⑫ Linear Elasticity
- ⑬ Linear Elasticity
- ⑭ Plasticity
- ⑮ Plasticity

【成績評価の方法】 レポート (100%)

【教科書】 George E. Mase 著 Continuum Mechanics McGraw-Hill 社

【参考書】 連続体力学に関する本

機械システム材料学特論 (Material for Mechanical System)

選択 2単位 2期 准教授 吉田 昌史

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

機械、構造物を構成する材料は、種々のシステムの構成要素として位置づけられる。このため、システムの立場から材料をとらえることが重要となる。この講義では、機械システムに要求される材料の性質を学び、材料の性質が実際にどのような工業材料に利用され、活用されているのかを学ぶ。

【学修到達目標】

- ①機械システムのための材料の重要性、利用分野を理解している
- ②材料の物理的・化学的性質を理解している
- ③材料の機械的性質を理解している
- ④鉄鋼、非鉄金属、無機・有機材料の特徴を理解し、設計や加工などに利用できる

【授業の内容】

- ①材料の目的と機能
- ②材料の加工法 (1)
- ③材料の加工法 (2)
- ④材料の物理的性質 (1)
- ⑤材料の物理的性質 (2)
- ⑥材料の化学的性質 (1)
- ⑦材料の化学的性質 (2)
- ⑧金属材料の基礎 (1)
- ⑨金属材料の基礎 (2)
- ⑩工業材料の機械的性質 (1)
- ⑪工業材料の機械的性質 (2)
- ⑫鉄鋼材料
- ⑬非鉄材料
- ⑭無機材料
- ⑮有機材料

【成績評価の方法】課題レポート (100%)

【教科書】適宜プリントを配布

【参考書】W. D. キャリスター著 材料の科学と工学 培風館

[1] 材料の微細構造 [2] 金属材料の力学的性質 [3] 材料の物理的・化学的性質 [4] 材料の構造・製法・設計

機械システム材料学特別演習 (Seminar on Material for Mechanical System)

選択 2単位 3期 准教授 吉田 昌史

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

機械システム材料学特論で学んだ内容を基礎とし、論文輪読を通して理解を深める。

【学修到達目標】

- ①文献調査内容を理解し、正しく説明できる。
- ②最近の研究開発事例についての知識を持っている。

【授業の内容】

- ①材料と加工技術に関する演習
- ②材料の加工法に関する演習 (1)
- ③材料の加工法に関する演習 (2)
- ④材料の物理的性質に関する演習 (1)
- ⑤材料の物理的性質に関する演習 (2)
- ⑥材料の化学的性質に関する演習 (1)
- ⑦材料の化学的性質に関する演習 (2)
- ⑧金属材料の基礎に関する演習 (1)
- ⑨金属材料の基礎に関する演習 (2)
- ⑩工業材料の機械的性質に関する演習 (1)
- ⑪工業材料の機械的性質に関する演習 (2)
- ⑫鉄鋼材料に関する演習
- ⑬非鉄材料に関する演習
- ⑭無機材料に関する演習
- ⑮有機材料に関する演習

【成績評価の方法】課題レポート (100%)

【教科書】適宜プリントを配布

【参考書】W. D. キャリスター著 材料の科学と工学 培風館

[1] 材料の微細構造 [2] 金属材料の力学的性質 [3] 材料の物理的・化学的性質 [4] 材料の構造・製法・設計

信号処理特論 (Signal Processing)

選択	2 単位	1 期	教授	大嶋 和彦	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

自動制御に関連する技術のうち、観測信号を処理して雑音を除去する技術や、予備実験から得られるデータを統計的に処理して制御対象の数式モデルの近似式を作成する技術は、非常に重要なものである。これらの基礎となる信号処理を講義する。

はじめに、連続時間信号のもつ周波数成分を解析する方法を述べ、それに基づいて希望する周波数特性をもつアナログフィルタの設計方法を説明する。

次に、時系列信号（離散時間データ）を用いた周波数解析（離散フーリエ変換）を学ぶ。さらに、連続時間信号をサンプルし、それを復元する際に生じる現象を述べ、その注意事項を説明する。

【学修到達目標】

- ① 正弦波信号の直交性が説明できる。
- ② フーリエ級数展開の意義が説明できる。
- ③ 矩形波信号をフーリエ級数展開できる。
- ④ エリアシングについて説明できる。
- ⑤ デジタル信号処理の有効性が説明できる。

【授業の内容】

- ① 信号処理の概要
- ② 連続時間信号の解析（信号の周波数成分）
- ③ 周期信号のフーリエ級数展開 1
- ④ 周期信号のフーリエ級数展開 2
- ⑤ 信号のフーリエ変換 1
- ⑥ 信号のフーリエ変換 2
- ⑦ アナログ信号のフィルタリング
- ⑧ アナログフィルタの設計法
- ⑨ 信号のディジタル化
- ⑩ 離散フーリエ変換 1
- ⑪ 離散フーリエ変換 2
- ⑫ 高速フーリエ変換
- ⑬ 標準化信号の復元
- ⑭ システム同定
- ⑮ まとめ

【成績評価の方法】 中間レポート（30%）、期末レポート（70%）

【教科書】

【参考書】 岩田彰編著「デジタル信号処理」コロナ社、浜田望著「よくわかる信号処理」オーム社

信号処理特別演習 (Seminar on Signal Processing)

選択	2 単位	2 期	教授	大嶋 和彦	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

序盤では制御工学特論で学んだ内容を制御系設計用 CAD である MATLAB/SIMULINK を用いて実際に信号処理を行ない、その内容を確認する。

中盤では離散時間信号（時系列）処理のためのシステムの表現方法を解説する。また、終盤では希望する入出力特性を持つデジタルフィルタの設計法を解説する。これらの解説の際には、序盤と同様に MATLAB/SIMULINK を利用して演習を行い、その有効性を確認する。

入出力信号からシステムの特性を推定するための最小二乗法についても演習を交えて簡単に解説する。

【学修到達目標】

- ① 時系列データを FFT 処理により周波数成分に変換できる。
- ② 任意の周波数の正弦波形が作成できる。
- ③ FFT 処理における時系列信号のデータ数とサンプリング周波数との関係を説明できる。
- ④ バンドパスフィルタを作成できる。
- ⑤ バンドパスフィルタを用いてノイズ除去ができる。

【授業の内容】

- ① 制御工学特論のまとめ
- ② 連続時間信号の解析
- ③ 周期信号のフーリエ級数展開
- ④ 信号のフーリエ変換
- ⑤ アナログフィルタの設計
- ⑥ 離散フーリエ変換
- ⑦ 離散時間信号の扱い
- ⑧ z 変換
- ⑨ 伝達関数と差分方程式
- ⑩ デジタルフィルタの設計 1
- ⑪ デジタルフィルタの設計 2
- ⑫ デジタルフィルタのシミュレーション 1
- ⑬ デジタルフィルタのシミュレーション 2
- ⑭ システム同定
- ⑮ まとめ

【成績評価の方法】 レポート評価

【教科書】

【参考書】 岩田彰編著「デジタル信号処理」コロナ社、小林一行著「MATLAB ハンドブック」秀和システム

制御工学特論 (Control Engineering)

選択	2 単位	1 期	教授	尾形 和哉	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

マイクロエレクトロニクス革命によって、今日の自動制御はシステム制御の様相を一段と高めつつある。その理論が現代制御理論である。状態空間法に基づく現代制御理論は多変数系を扱えることから、その適用範囲はサーボ系からプロセス制御系まで広く及んでいる。また状態空間表現は動的シミュレーションのための重要な概念となる。

本講義では、状態方程式によるモデル表現方法をできる限り平易に解説する。そのために必要となる常微分方程式、行列を復習する。その後、状態フィードバック法によるシステムの安定化、希望する制御性能の達成方法について解説する。さらに、倒立振子を例題として簡単な数値シミュレーションを行い、制御系設計の評価方法を学ぶ。

【学修到達目標】

- ①動的システムの特性と状態方程式表現する手順を理解している。
- ②状態方程式の一般解を理解している。
- ③システムの極を説明できる。
- ④最低レギュレータの考え方を説明できる。
- ⑤オブザーバの設計手順を説明できる。
- ⑥制御系の実装方法を説明できる。

【授業の内容】

- ① はじめに
- ② 動的システムと状態方程式
- ③ 状態方程式の一般解
- ④ 状態軌跡
- ⑤ システムの極
- ⑥ 状態フィードバック制御と極配置
- ⑦ 最適レギュレータ (1)
- ⑧ 最適レギュレータ (2)
- ⑨ 最適レギュレータ (3)
- ⑩ 倒立振子モデルの作成
- ⑪ 同一次元オブザーバによる状態推定
- ⑫ 最小次元オブザーバによる状態推定
- ⑬ 制御則の実装
- ⑭ モータの位置決め制御シミュレーション
- ⑮ 倒立振子の状態フィードバック制御シミュレーション

【成績評価の方法】 レポート評価 50 % ならびに期末試験 50 %

【教科書】

【参考書】 小郷, 美多著 「システム制御理論入門」 実教出版株式会社 吉川, 井村著 「現代制御論」 昭晃堂

制御工学特別演習 (Seminar on Control Engineering)

選択	2 単位	2 期	教授	尾形 和哉	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

制御工学特論で学んだ理論をシミュレータにより検証する。MATLAB は行列演算にすぐれた数値演算アプリケーションであり、豊富な数値関数をもつ。そこでは制御系設計に役立つ関数群があるので、これらを紹介する。SIMULINK は常微分方程式の数値計算ソルバを持ち、高精度のシミュレーションができる。制御系設計の検証を短時間で行うことができる。

このようなアプリケーションを利用し、設定値の変化に応じて理想的な目標起動や入力信号を生成するフィードフォワードコントローラの構成を学ぶ。次に、定常変化を零とするためのサーボシステムの構成を学ぶ。後半では、制御対象の数式モデルに誤差がある場合に安定性や制御性能が劣化する現象を学ぶ。これらの性能低下を最小にとどめることができるようなロバスト設計法を紹介する。

【授業の概要】

- ①制御系設計解析のためのアプリケーションの概要を理解している。
- ②制御系の数値シミュレーションの方法を理解している
- ③制御対象のモデル作成とモデル化誤差の大きさの評価方法を説明できる。
- ④制御系のロバスト安定のための条件を説明できる。
- ⑤ロバスト制御設計の手順を説明できる。

【授業の内容】

- ① はじめに
- ② 制御系設計解析アプリケーション 1
- ③ 制御系設計解析アプリケーション 2
- ④ フィードフォワードコントローラ的设计
- ⑤ フィードフォワードコントローラの構成
- ⑥ サーボシステムの設計
- ⑦ モータの位置決め PID 制御 1
- ⑧ モータの位置決め PID 制御 2
- ⑨ 制御対象のモデル作成とモデル化誤差
- ⑩ ロバスト制御 1
- ⑪ ロバスト制御 2
- ⑫ ロバスト制御 2
- ⑬ 総合演習 1
- ⑭ 総合演習 2
- ⑮ 総合演習 3

【成績評価の方法】 レポート評価

【教科書】

【参考書】 小郷, 美多著 「システム制御理論入門」 実教出版株式会社 吉川, 井村著 「現代制御論」 昭晃堂

コンピュータビジョン特論 (Computer Vision)

選択	2 単位	1 期	教授	溝口 正信	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

コンピュータビジョン（画像処理工学）は、工場における組立てや検査の自動化、ロボットの知能化などを実現するためのコア技術であり、産業界からのニーズが高まっている。

本特論では画像処理エンジニア検定エキスパートの書籍を用い、デジタル画像の撮影、色空間、フィルタリング、幾何学的変換、2 値画像処理、パターン・図形マッチングなどを解説する。また産業用ロボットへの適用、フラクトグラフィーなどの研究事例を通して理解する。さらに、受講生が最新のコンピュータビジョンシステムを調査し報告することを通して理解を深める。

【学修到達目標】

- ① デジタル画像撮影の概要が理解できる。
- ② 画像・画素を説明できる。
- ③ フィルタリングの方法を説明できる。
- ④ 2 値画像処理の方法を説明できる。
- ⑤ 画像処理システムを調べ、報告することができる。

【成績評価の方法】 調査報告（30%）とレポート（70%）で評価

【教科書】 CG-ATRS 協会，「デジタル画像処理（改訂新版）」，（2015）

【参考書】

【授業の内容】

- ① ガイダンス・コンピュータビジョン概論
- ② デジタル画像の撮影(1)
- ③ デジタル画像の撮影(2)
- ④ 画像の性質と色空間
- ⑤ 画素ごとの濃淡変換
- ⑥ 領域に基づく濃淡変換（空間フィルタリング）
- ⑦ 周波数領域におけるフィルタリング
- ⑧ 画像の復元と生成
- ⑨ 幾何学的変換
- ⑩ 2 値画像処理
- ⑪ 領域処理
- ⑫ パターン・図形・特徴の検出とマッチング
- ⑬ 研究事例(1) 産業用ロボット
- ⑭ 研究事例(2) フラクトグラフィー，3D 計測
- ⑮ 調査報告

情報処理技術特論 (Information Processing Technology)

選択	2 単位	2 期	教授	坂倉 守昭	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

経済活動への情報処理技術の浸透および社会インフラ化、産業全般のグローバル大競争の激化等の構造変化の中で、情報処理技術はあらゆる技術者に必須のものとなっている。本講義では、情報処理技術について、背景となっている原理や基礎理論、最新のハードウェア・ソフトウェア技術、本格的なシステム開発技術、実践的かつ先端的なシステム戦略などについて、毎回受講者がテーマを選び、調査してプレゼンテーションとディスカッションを行う形式で学習する。

【学修到達目標】

- ① 情報処理技術の歴史を、例を挙げて説明することができる。
- ② 最新のハードウェア技術の例を挙げて説明することができる。
- ③ 最新のソフトウェア技術の例を挙げて説明することができる。
- ④ 最新の情報処理システムの例を挙げて説明することができる。

【授業の内容】

- ① 基礎理論
- ② アルゴリズムとプログラミング
- ③ コンピュータ構成要素
- ④ システム構成要素
- ⑤ ソフトウェア
- ⑥ ハードウェア
- ⑦ ヒューマンインタフェースとマルチメディア
- ⑧ データベース
- ⑨ ネットワーク
- ⑩ セキュリティ
- ⑪ システム開発技術
- ⑫ プロジェクトマネジメント
- ⑬ サービスマネジメント
- ⑭ システム戦略
- ⑮ 経営戦略と法務

【成績評価の方法】 受講状況(30%)とレポート(70%)で評価

【教科書】 なし

【参考書】

情報処理技術特別演習（Seminar on Information Processing Technology）

選択	2 単位	3 期	教授	坂倉 守昭	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
【授業の概要】			【授業の内容】		
経済活動への情報処理技術の浸透及び社会インフラ化、産業全般のグローバル大競争の激化等の構造変化の中で、情報処理技術はあらゆる技術者に必須のものとなっている。本講義では、各種のアルゴリズムを理解し、それを応用した数値解析手法などの実用的なプログラミングを C 言語を用いて演習し、情報処理技術の習得を目指す。			① 演算，分岐処理，繰返し処理の展開 ② マクロ定義，配列，ユーザ関数の展開 ③ 標準ライブラリ関数の展開 ④ ユーザ関数，外部変数の展開 ⑤ 2 次元配列と最大値・最小値探索アルゴリズム ⑥ メモリの動的管理 ⑦ ベクトル計算 ⑧ 行列計算 ⑨ ファイル入出力 ⑩ ソート (1)バブルソート ⑪ ソート (2)マージソート ⑫ ソート (3)クイックソート ⑬ サーチ (1)リニアサーチ ⑭ サーチ (2)バイナリサーチ ⑮ サーチ (3)ハッシュテーブルによるサーチ		
【学修到達目標】					
① 配列データの中から最大値・最小値を探索するプログラムを書くことができる。 ② メモリの動的管理を行うプログラムを書くことができる。 ③ ソートのアルゴリズムの例を説明することができる。 ④ サーチのアルゴリズムの例を説明することができる。					
【成績評価の方法】 受講状況(30%)とレポート(70%)で評価					
【教科書】 なし					
【参考書】					

情報機械特論（Information and mechanics）

選択	2 単位	2 期	教授	篠原 主勲	授業時間外の学修 60 時間(毎週 4 時間)
【授業の概要】			【授業の内容】		
コスト低減を目指した”ものづくり”の開発は重要な課題である。近年、コンピュータが安価になり、手軽に購入できるため、設計開発の現場で CAE(Computer Aided Engineering)ソフトを使う設計者が著しく増加した。また CAE ソフトも進化し、ユーザが CAE ソフトの仕組みを理解せずとも、解析結果を得ることができるようになった。一方で適切な解析条件ではなくとも、なにかしらの計算結果を出力するため、計算した結果が正しいかどうかかわらずに、判断できないユーザが増加している。本講義では、適切な解析を行うことができるように、CAE ソフトで用いる有限要素法(FEM: Finite Element Method)で必要となる数学の素養を身につける。本授業は座学および輪講形式で行う。			① テンソル（行列・ベクトル）、外積（内積） ② ベクトル値関数 ③ スカラー場とベクトル場 ④ 線積分と面積分 ⑤ ガウスの発散定理 ⑥ ストークスの定理 ⑦ 全微分 ⑧ 偏微分 ⑨ 変分 ⑩ 重積分 ⑪ 微分方程式 ⑫ 偏微分方程式 ⑬ 行列式 ⑭ 固有値 ⑮ 2 次形式		
【学修到達目標】					
① FEM のアルゴリズムの基礎がわかる。 ② FEM で用いる数学の基礎がわかる。					
【成績評価の方法】 プレゼンによる発表(25%)、レポート(25%)、中間テスト(25%)、期末テスト(25%)の総合評価					
【教科書】 講義日に説明する					
【参考書】Excel による有限要素法—弾性・弾塑性・ポアソン方程式、塾長秘伝 有限要素法の学び方!—設計現場に必要な CAE の基礎知識、図解 設計技術者のための有限要素法はじめての一步、ベクトル解析、線形代数、現代工学のための変分学入門など					

情報機械特別演習（Seminar on information and mechanics）

選択	2 単位	3 期	教授	篠原 主勲	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

本講義を通して、有限要素法とその周辺の知識を習得することを目指す。CAE ソフトのアルゴリズムを総合的に理解する。本授業は輪講形式で行う。

【学修到達目標】

- ① FEM による計算結果を評価できる。

【授業の内容】

- ① 有限要素法の基礎
- ② 有限要素法で用いる解析技術
- ③ 有限要素法による定式化
- ④ 有限要素法によるアルゴリズム
- ⑤ 有限要素法で用いる数値計算法
- ⑥ 剛性マトリックス
- ⑦ 要素剛性マトリックスと全体剛性マトリックス
- ⑧ 反復法
- ⑨ ガウスの消去法
- ⑩ ヤコビ法
- ⑪ ガウスザイデル法
- ⑫ SOR 法
- ⑬ 共役勾配法(CG 法)
- ⑭ 前処理付き共役勾配法(ICC 法)
- ⑮ 大規模並列分散処理(MPI)

【成績評価の方法】 プレゼンによる発表(25%)、レポート(25%)、中間テスト(25%)、期末テスト(25%)の総合評価

【教科書】 講義日に説明する。

【参考書】 Excel による有限要素法—弾性・弾塑性・ポアソン方程式、塾長秘伝 有限要素法の学び方!—設計現場に必要な CAE の基礎知識、図解 設計技術者のための有限要素法はじめての一步、ベクトル解析、線形代数、現代工学のための変分学入門など

燃焼工学特論（Combustion Engineering）

選択	2 単位	2 期	教授	井原 禎貴	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
----	------	-----	----	-------	--------------------------

【授業の概要】

燃焼現象は、極めて急激な化学反応、発熱、流れ、伝熱などの物理・化学過程が複雑に干渉し合いながら進行する。工業的には、熱機関を駆動したり物体を加熱・加工するために様々な手法で燃焼を利用しており、限りある燃料資源を有効活用するには燃焼の省エネルギー技術が必須である。

本講義では、燃焼現象について基礎的な内容を広く理解する。

【学修到達目標】

- ① 燃焼現象の分類を理解している。
- ② 予混合燃焼について、化学的・物理的に説明できる。
- ③ 拡散燃焼について、予混合燃焼と対比させながら説明できる。
- ④ 燃焼に関連する熱力学、化学平衡、燃焼排出物について説明できる。

【授業の内容】

- ① 燃焼の歴史
- ② 燃焼の開始
- ③ 燃焼現象の分類
- ④ 予混合燃焼 (1)層流燃焼速度
- ⑤ 予混合燃焼 (2)層流火炎
- ⑥ 予混合燃焼 (3)乱流火炎
- ⑦ 予混合燃焼 (4)火炎安定化
- ⑧ 予混合燃焼 (5)Rankin-Hugoniot 方程式
- ⑨ 拡散燃焼 (1)層流拡散火炎
- ⑩ 拡散燃焼 (2)乱流拡散火炎
- ⑪ 反応熱と生成熱
- ⑫ 化学平衡
- ⑬ 断熱火炎温度
- ⑭ 燃焼排出物
- ⑮ まとめ

【成績評価の方法】 レポート評価(100%)

【教科書】 プリント

【参考書】

燃焼工学特別演習 (Seminar on Combustion Engineering)

選択

2 単位

3 期

教授

井原 禎貴

授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)

【授業の概要】

燃焼工学特論で学習した内容の理解を深めるため、燃焼工学に関連する学術論文の調査を受講学生に割り当て、調査内容に関するプレゼンテーションと全員での質疑応答・討論を行う。

また、基本的な化学平衡・断熱火炎速度について実際に解析する。

【学修到達目標】

- ①文献調査内容を理解し、正しく説明できる。
- ②化学平衡・断熱火炎速度の計算手法について理解し、説明できる。

【授業の内容】

- ① 燃焼工学に関する文献調査 1
- ② 燃焼工学に関する文献調査 2
- ③ 燃焼工学に関する文献調査 3
- ④ 燃焼工学に関する文献調査 4
- ⑤ プレゼンテーションと討論 1
- ⑥ プレゼンテーションと討論 2
- ⑦ プレゼンテーションと討論 3
- ⑧ プレゼンテーションと討論 4
- ⑨ 化学平衡の計算 1
- ⑩ 化学平衡の計算 2
- ⑪ 化学平衡の計算 3
- ⑫ 断熱火炎温度の計算 1
- ⑬ 断熱火炎温度の計算 2
- ⑭ 断熱火炎温度の計算 3
- ⑮ まとめと総合演習

【成績評価の方法】プレゼンテーションおよび討論 (50%) と解析演習 (50%) で評価

【教科書】プリント

【参考書】

特別研究Ⅰ～Ⅳ (Research in Mechanical EngineeringⅠ～Ⅳ)

必修 1.5 単位 1～4 期 教授 高田 健 授業時間外の学修 45 時間 (毎週 3 時間)

【授業の概要】

金属材料の強度に影響を及ぼす微量添加元素とそれら添加元素で構成される微細析出物と原子クラスタに対して、その形成・成長および強化機構発現の調査・解明を実験により実施する。

【学修到達目標】

- (1)工業用金属材料の各種強化機構が説明できる。
- (2)各種金属材料に応じた、材料強化機構と金属材料中の析出物と固溶元素の存在状態の解析方法が提案できる。
- (3)微量添加元素による固溶状態と拡散状態を把握し、それらを調査する手段が提案できる。

【授業の内容】

以下の技術および測定・解析方法を習得する。

- ・金属材料の硬さ測定
- ・金属板材料の引張測定
- ・電気抵抗率測定
- ・真空技術
- ・X線解析技術
- ・拡散係数導出のための解析技術

上記技術を複数活用することで、以下の現象の理解の深化と新規現象の解明を行う。

- ・金属中添加元素（水素を含む）による固溶強化と拡散現象
- ・金属中微細クラスタの形成と強化機構
- ・金属中微細析出物の形成と強化機構

【成績評価の方法】 実験による新規知見の獲得とその技術報告（学会発表、論文）をもって評価する。

【教科書】

【参考書】

特別研究Ⅰ～Ⅳ (Research in Mechanical EngineeringⅠ～Ⅳ)

必修 1.5 単位 1～4 期 教授 徳納 一成 授業時間外の学修 45 時間 (毎週 3 時間)

【授業の概要】

結晶中線状格子欠陥の「転位」の挙動把握を基軸として、社会基盤を支える構造用金属材料の「強度」に関する研究テーマについて、実験と過去の知見の吟味検討を中心として推進する。

【学修到達目標】

- ① 金属材料の機械的特性と社会インフラとの関連性について理解している。
- ② 金属材料の機械的特性における問題点を説明できる。
- ③ 金属材料の機械的特性における問題点を実験的に再現できる。
- ④ 再現した金属材料の機械的性質の問題点について具体的に説明できる。
- ⑤ 再現した金属材料の機械的性質の問題点の解決法について考察することができる。

【授業の内容】

社会基盤を支える構造用金属材料開発に関する以下の研究テーマについて、内外の文献調査や周辺知見を吟味検討しつつ、継続的な研究を推進する。

- ・金属材料の塑性変形挙動（降伏強さ、加工硬化、すべり帯形成挙動等）におよぼす点欠陥集合体の影響
- ・高強度アルミニウム合金等の非鉄金属材料の疲労挙動におよぼすマイクロ組織（結晶粒界、析出物、再結晶組織等）の影響
- ・鉄鋼材料の疲労挙動におよぼす鋼中微量水素の影響
- ・鉄鋼材料および非鉄金属材料の新たな強化因子の探索

【成績評価の方法】 研究の実施状況および中間報告（文書および口頭）により総合的に評価する

【教科書】

【参考書】

＜機械工学専攻：特別研究＞

特別研究Ⅰ～Ⅳ (Research in Mechanical EngineeringⅠ～Ⅳ)

必修 1.5 単位 1～4 期

教授 前田 安郭

授業時間外の学修 45 時間(毎週 3 時間)

【授業の概要】

鋳造 CAE の中の、湯流れ、凝固に関する研究を中心に研究を行う。解析精度、欠陥予測精度を向上させるためには実験とシミュレーションの両面からの研究実施が重要である。加えて、その他の鋳造 CAE ソフトに関する調査及び適用研究も実施する。

【学習到達目標】

- ①鋳造 CAE の全般を説明できる。
- ②鋳造 CAE を用いた鋳造方案設計を理解している。

【授業の内容】

以下の研究テーマに関連した内容について、理解を深めることを重視して研究を遂行する。

- ・鋳造 CAE における湯流れ・凝固解析精度の向上
- ・鋳造 CAE を用いた欠陥予測方法
- ・鋳造 CAE の解析条件と欠陥予測精度
- ・砂型造型プロセスの搦き固め機構
- ・鋳造 CAE におけるラグランジェ手法の有効性
- ・離散要素法 DEM を用いたシミュレーション

【成績評価の方法】 研究の実施状況、学会発表、質疑応答などにより総合的に評価する。

【教科書】

【参考書】

特別研究Ⅰ～Ⅳ (Research in Mechanical EngineeringⅠ～Ⅳ)

必修 1.5 単位 1～4 期

教授 白石 裕之

授業時間外の学修 45 時間(毎週 3 時間)

【授業の概要】

航空・熱流体力学分野のうち、
(i)先端科学技術の動向に関連した、新型航空宇宙エンジンの基本構想
(ii)環境問題で重要視されているテーマとしての流体騒音について、主として数値的解法を中心に研究する。なお、流体騒音についてはプラズマ・超音速騒音発生装置などを用いた実証試験も併行し、先端航空宇宙エンジンのテーマとしてはレーザー宇宙推進システムを取り上げる。

【学習到達目標】

- ①航空機械騒音の原因について述べ、その対策について論じることができる。
- ②プラズマの工学分野における有用性について理解し、その発生に関する実践ができる。
- ③航空宇宙シミュレーションの必要性について理解し、音響または熱流体解析の実践方法について論じることができる。

【授業の内容】

研究内容の理解を深めることを重視して、以下の研究テーマに関連する文献の収集を行う。その上で実験・解析の実行評価を実施し、教員と十分に打合せを行いつつ、計画的かつ継続的に研究を推進する。

- ・先端航空宇宙エンジンのプラズマ流動実験・構想検討
- ・超音速を含む航空機騒音の基礎実験・モデル解析

【成績評価の方法】 研究の実施状況および中間報告（文書および口頭）により総合的に評価する。

【教科書】

【参考書】 音源の流体音響学（コロナ社），宇宙飛行体の熱気体力学（東京大学出版社）

特別研究Ⅰ～Ⅳ (Research in Mechanical Engineering I～Ⅳ)

必修 1.5 単位 1～4 期

准教授 町屋 修太郎

授業時間外の学修 45 時間 (毎週 3 時間)

【授業の概要】

材料力学の中でも、応力・ひずみ関連の研究を行う。内容は、X 線あるいは中性子などの量子ビームを用いた材料の応力測定あるいはひずみ測定である。

また、材料の結晶単位での変形挙動（マイクロメカニクス）についても、解析を含めた演習形式での授業を行う。

【学修到達目標】

- ①指導を通じて、自ら研究方針を考え、自主的・自発的な研究活動ができる。
- ②研究内容を、論文やレジュメにまとめ、研究内容をわかりやすく発表できる。

【授業の内容】

超伝導材料などの複合材料の測定・解析技術として、以下の内容について文献の収集および、学習を行う。

- ・ 複合材料の弾性定数および強度の測定
- ・ 複合材料の X 線応力・ひずみ測定法
- ・ 複合材料の中性子応力・ひずみ測定法
- ・ **FEM** を用いた単結晶多結晶モデルの構築およびひずみ解析

さらに、実験・解析の実行およびその評価を実施し、担当教員と十分にディスカッションを行い、計画的かつ継続的に研究を行うものとする。

【成績評価の方法】 研究の実施状況および中間報告（文書および口頭）により総合的に評価する。

【教科書】

【参考書】

特別研究Ⅰ～Ⅳ (Research in Mechanical Engineering I～Ⅳ)

必修 1.5 単位 1～4 期

准教授 坪井 涼

授業時間外の学修 45 時間 (毎週 3 時間)

【授業の概要】

流れの関係する工業的なテーマに数値流体力学（Computational Fluid Dynamics, CFD）を応用して研究を行う。また、簡易的な実験を行うことで比較・検討を行う。

【学修到達目標】

- ①数値流体力学を用いた自作プログラムの作成ができる。
- ②商用ソフトを用いた流れのシミュレーションができる。
- ③シミュレーション結果の妥当性を判断できる。
- ④研究テーマについて必要な実験とシミュレーションの内容を提案できる。
- ⑤シミュレーション結果と実験結果の関係を正確に把握し、説明することができる。

【授業の内容】

以下の研究テーマに関連した内容について、理解を深めるとともに研究を行う。

- ・ 数値流体力学を用いた流体潤滑現象のシミュレーション
- ・ 数値計算を用いた接触・摺動問題の解析
- ・ 電気化学加工の電解液流れの影響
- ・ 漁具の流体抵抗低減
- ・ 居住環境への室内流れの影響

【成績評価の方法】 研究の実施状況および学会発表などにより総合的に評価する。

【教科書】

【参考書】

特別研究Ⅰ～Ⅳ (Research in Mechanical EngineeringⅠ～Ⅳ)

必修	1.5 単位	1～4 期	講師	宮本 潤示	授業時間外の学修 45 時間(毎週 3 時間)
【授業の概要】 プラズマを用いた鋼の表面改質処理法や、滅菌法の研究を行う。研究の中で、大気圧プラズマ装置や真空プラズマ装置を主に用いて実験を行う。			【授業の内容】 ・以下の研究テーマに関連した内容について、文献調査、計画、実験、分析、評価といった一連の研究を行う。必要に応じて装置の設計も行う。 ・大気圧プラズマを用いた窒化処理に関する研究 ・大気圧プラズマを用いた DLC 薄膜の成膜に関する研究 ・プラズマを用いた切削液の滅菌に関する研究 ・複雑形状を有する部材に対する新しい窒化処理法の開発 ・高速光輝窒化処理法の開発 ・金属の水に対する表面親和性に関する研究		
【学修到達目標】 ①研究テーマについて計画を立て、必要な実験を提案し、実行できる。 ②窒化層や薄膜、微生物などテーマに沿った測定対象の適切な分析、評価が行える。 ③分析結果の妥当性を判断できる。 ④研究で得られた成果を説明することができる。			【成績評価の方法】 研究の実施状況および学会発表などにより総合的に評価する。 【教科書】 【参考書】		

特別研究Ⅰ～Ⅳ (Research in Mechanical EngineeringⅠ～Ⅳ)

必修	1.5 単位	1～4 期	教授	大嶋 和彦	授業時間外の学修 45 時間(毎週 3 時間)
【授業の概要】 圧電素子はスマート材料・構造物に関する研究の中心的な役割を担う素材であり、広動作帯域・高エネルギー変換率などの優れた制御特性を利用して、振動抑制など構造物のアクティブ制御にアクチュエータあるいはセンサとして広く用いられている。 本特別研究では、圧電セラミックスおよび圧電フィルムを対象として、アクチュエータにセンサの機能を付与するセルフセンシング・アクチュエータや、機械-電気エネルギー変換の可逆性を利用したシャント・ダンピングをはじめとして、圧電素子のスマート構造への様々適用法について研究する。			【授業の内容】 以下の研究テーマに関連する文献を収集し、圧電素子のスマート構造への利用に関する知見を深める。 ・セルフセンシング・アクチュエータによる構造物の振動制御 ・シャント・ダンピングによる構造物の振動制御 ・圧電フィルムを利用した静荷重センサの開発 ・圧電セラミックスと圧電フィルムの融合的利用法 ・シャント・ダンピングに基づくエネルギー・ハーベスト その後、これらの研究に関して、指導教員とディスカッションを重ねることによりオリジナルの研究テーマを創生し、設定したゴールに向けて計画的に継続的に研究する。		
【学修到達目標】 ①自分の研究の意義と目的が説明できる ②関連研究の現状について説明できる ③関連研究における自分の研究の立ち位置が説明できる			【成績評価の方法】 研究の実施状況および中間報告（文書および口頭）により総合的に評価する。 【教科書】 【参考書】		

特別研究Ⅰ～Ⅳ (Research in Mechanical Engineering I～IV)

必修	1.5 単位	1～4 期	教授	尾形 和哉	授業時間外の学修 45 時間 (毎週 3 時間)
【授業の概要】 ロボットを実用化するためには、様々な技術を統合する能力が必要である。そこで、ロボットに与えたい機能を実現する手段を学び、効率よくシステムを構築する手法を研究する。 同時に、ロボットの運動の数学的背景、物理的背景を学び、単に試行錯誤的な解決手法ではなく、理路整然とした問題解決手法を身に付ける。 人間とロボットが強調作業をする際には、開発したシステムの効用を評価し、システムの改良をしなければならない。そのための手法も検討する。			【授業の内容】 以下の研究テーマに関連する文献を収集することおよび研究内容の理解を深めることを重視して、指導教員と十分に打合せを行いつつ、計画的に継続的に研究する。 ・遠隔操作ロボットの操作性向上 ・組立作業ロボットの自律化 ・自律移動ロボットの行動計画 ・歩行ロボットの運動学と動力学		
【学修到達目標】 ① 研究テーマに関連する文献を適切に収集できる。 ② 研究テーマに関連する文献の要点をまとめることができる。 ③ 研究の進行のための段取りを立てることができる。 ④ 実験データを取りまとめ、知見を適切にまとめることができる。			【成績評価の方法】 研究の実施状況および中間報告（文書および口頭）により総合的に評価する。 【教科書】 【参考書】		

特別研究Ⅰ～Ⅳ (Research in Mechanical Engineering I～IV)

必修	1.5 単位	1～4 期	教授	小里 泰章	授業時間外の学修 45 時間 (毎週 3 時間)
【授業の概要】 自動車や各種構造物、さらにはスポーツにおける飛翔物体に至るまで、様々な物体まわりの流れに生じるはく離を伴うせん断流れに関して、物体まわりの流れを正しく理解し、所望の状態へ導くためにはどうすべきか、如何にスマートに効率良く制御するにはどうしたらよいかについて探求する。			【授業の内容】 以下の研究テーマについて、実験および数値シミュレーションの両側面から研究を行う。指導教員と十分に打合せを行い、計画的に研究を進める。 ・柱状物体まわりの流れの制御 ・後向きステップ流れの制御 ・鈍頭物体の空気抵抗低減に関する研究 ・車両の空力安定性改善に関する研究 ・弱電離プラズマを利用した流れの制御に関する研究		
【学修到達目標】 ① 研究対象の流れ場を正しく理解している。 ② 流れ制御の指針について説明できる。 ③ 研究成果を論理立てて説明できる。			【成績評価の方法】 研究の実施状況と中間報告により総合的に評価する。 【教科書】 【参考書】		

生産管理特論 (Production Management & Control Systems)

選択	1 単位	1 期	非常勤講師	魚野 剣太郎	授業時間外の学修 30 時間 (毎週 2 時間)
----	------	-----	-------	--------	--------------------------

【授業の概要】

- ・ トヨタ生産システムの取り組みを題材に、事業経営という視点から生産管理を概観する。
- ・ 毎時間、基本概念の意味や意義、具体例の説明を行うとともに、問いかけやディスカッションを主体とした授業進行を行う。
- ・ 最終週までに取り組みたいテーマを見つけ、レポートを作成、提出する。

【学修到達目標】

- ①TPS と TOC の概要を説明できる。
- ②TPS の適用のしやすさが、どんな要素で決まるかを理解している。
- ③プロジェクト型業務に関する生産管理の方法を説明できる。
- ④実際にプロジェクト型業務の生産管理を適切に行える。

【授業の内容】

- ① ガイダンス、序論
 - ・ 講義方針・内容の紹介
 - ・ 概念定義 (生産, 管理, 生産性他)
- ② 経営戦略と生産管理
 - ・ 経営戦略のエッセンス (環境分析, ドメイン, 成長戦略, 競争戦略)
 - ・ マーケティングのエッセンス (マーケティング戦略, 需要の三要素)
 - ・ 生産管理をどう結びつけるか
- ③ トヨタ生産システム(TPS)における生産統制の特徴と前提条件
 - ・ JIT, 自働化, 需要駆動
 - ・ 需要の平準化と小ロット混流生産
- ④ 生産の全体最適
 - ・ TPS と TOC(制約理論)の対比
 - ・ SCM, グローバル化する市場と生産拠点の立地
- ⑤ プロジェクト型業務の生産管理
 - ・ 生産計画と生産統制
 - ・ 経営資源と生産管理
- ⑥ 生産管理の実務
 - ・ PDCA サイクル
 - ・ 改善活動と生産システム

【成績評価の方法】 ディスカッションでの参加態度(50%)とレポート評価(50%)

【教科書】 特になし。

【参考書】 「トヨタ生産システム」 (大野耐一)

＜全研究科共通科目＞

学外研修（Internship）

選択	2 単位	1(2)期	専攻長	授業時間外の学修 60 時間 (毎週 4 時間)
【実習の概要】 企業または官公庁において、実務に関する研修を行う。実務には、生産、設計・監理、調査計画等広範な分野があり、希望する分野で最適な研修先を選定する。本学のキャリアセンターでは、研修先の事前登録制度があり密接な連携をとるようにする。			【授業の内容】 実務の理解とともに自身の方向付けやスキルアップを目的とし、将来をより良くすることに役立つように受け入れ先と研修内容を十分協議して計画する。 実際の学外研修は以下の 3 段階で行う。 ・受け入れ先との事前研修 ・受け入れ先での学外研修 ・学外研修報告	
【学修到達目標】 ① 企業または官公庁における実務の概要について説明できる。 ② 企業または官公庁における実務の一部について詳細に説明できる。 ③ 企業または官公庁における実務を理解したうえで、将来の自らの社会活動のあるべき姿について説明できる。				
【成績評価の方法】 受け入れ企業等からの評価、研修報告書、研修報告				
【教科書】				
【参考書】				

ベンチャービジネス特論（Venture Business）

授業時間外の学修 30 時間（毎週 2 時間）

選択	1 単位	1 期	非常勤講師	武藤 郷史	
【授業の概要】			【授業の内容】		
我が国のイノベーションを牽引するベンチャービジネスの必要性を理解するとともに、実例やワークを元にベンチャービジネス成功のエッセンスを学ぶ。 (1)我が国の経済環境から、ベンチャービジネスおよびベンチャー支援政策のメガトレンドを理解する。 (2)その上で、成功するベンチャー起業家の特性を把握し、どのようにしてビジネスモデルを構築していくかを考える。 (3)ベンチャーマネジメントは一般企業と特性が異なり、また成長過程ごとに課題が変化する。そのポイントを考察する。 (4)ベンチャービジネス成功のためのエッセンスを理解し、ビジネスプランの書き方を学ぶ。			① 我が国におけるベンチャー企業の必要性 ・我が国経済におけるベンチャービジネスの役割 ② イノベーションをおこすベンチャー企業 ・ベンチャービジネスがおこすイノベーションとは。 ③ 成功するベンチャー起業家の特性 ・成功する起業家のエッセンス ④ ベンチャーマネジメントの留意点 ・ベンチャーマネジメントの特性 ・成長ステージごとの経営のポイント ⑤ ビジネスプランの役割 ・ベンチャー戦略とビジネスプラン ⑥ ビジネスプランの書き方 ・ビジネスプランの展開方法 ⑦ 発表		
【学修到達目標】					
①ベンチャー戦略の概要を理解し、戦略設計の基本フレームを使った事業コンセプト設計を実践できる ②基本的なビジネスプランの骨子が描けるようになる					
【成績評価の方法】 講義での討論(30%)とレポート評価(70%)					
【教科書】 資料配布					
【参考書】					

＜全研究科共通科目＞

経済学特論 (Economics)

選択	1 単位	1 期	非常勤講師	堀 研一	授業時間外の学修 30 時間(毎週 2 時間)
【授業の概要】			【授業の内容】		
企業の経済活動において国際的な競争力を高めるためには、競争力のある商品およびサービスを市場に提供するだけでなく、自社および競業他社が有する知的財産を考慮した企業戦略の策定およびその実行が重要である。このため、製造業において技術開発や製品の設計および生産等にたずさわる技術者にとっても、特許、実用新案、意匠、商標、著作権等の知的財産権および不正競争行為に関する理解は、今後、不可欠である。そこで、本授業では、弁理士としての実務経験を織り込み、知的財産権の概要を習得することを目指す。			7 回の授業では、知的財産権に関する概要を学び、特許制度を始めとする様々な知的財産保護制度についての理解を深める： 1. 知的財産制度の概要 2. 特許および実用新案制度、ならびに特許権および実用新案権の活用 of のされ方 3. 意匠制度、および意匠権の活用 of のされ方 4. 特許出願から特許取得までの流れと、それを考慮した発明の把握 5. 国外における特許制度 その 1 (各国) 6. 国外における特許制度 その 2 (条約) 7. 商標制度、不正競争防止法		
【学修到達目標】			工学系の技術者として、知的財産権についての役立つ知識を得ている。		
【成績評価の方法】			講義での討論参加 (70%)、レポート(30%)		
【教科書】			特になし		
【参考書】			授業で配布		

地球環境科学特論 (Global Environmental Science)

選択	1 単位	1 期	非常勤講師	加藤 俊夫	授業時間外の学修 30 時間(毎週 2 時間)
【講義の概要】			【講義の内容】		
(1) 地球が直面している環境問題を科学の視点から考える。 ・「地球環境」の視点から捉えた問題とその解決方法 ・「京都議定書～パリ協定」の解説			① 地球環境問題の動向 (「パリ協定」を題材) ② 地球を取りまく環境の実態 ③ 防災、減災の取組と課題 ④ 社会資本整備関係のコンサルタントの立場からの「環境問題」「対応方法や考え方」 ⑤ リスク管理手法 ⑥ 技術倫理観、これからの時代を担う技術者に求められる環境への取組み方		
(2) 地球環境の変化により、自然災害が激甚化しており、「防災・減災」についての考えや技術を学ぶ。 ・世界で求められている「防災／減災」 ・河川、海岸、砂防、港湾、耐震の技術 ・防災士の立場から「防災／減災」で誰にでもできること			【学修到達目標】		
(3) 講師 (土木コンサルタント) の業務経験等に基づき、土木 (社会資本整備～インフラ整備) に関連する環境を学ぶ。 ・災害対策 (洪水、地震、液状化、津波、土石流、流木) と環境 ・河川改修、ダム開発、水力発電開発などの環境への負荷			① 環境をフレキシブルに捉える観点の習得 ② 環境の持つ多面的な視点の習得 ③ リスクマネジメント、クライシスマネジメントという技術の習得 ④ 自分の専門以外の研究と交流の意義の発見 より新しいアイディアの展開の経験		
(4) 地球環境を、自分の学問分野、将来の職業、自分の生活など、視点の設定をかえて考えることを学ぶ。また、地球規模の環境と身近な環境の関係についても同様に考える。 ・上記の視点から捉えた地球環境、身近な環境 ・日本が直面している環境					
(5) 地球環境を捉える技術的手法の一手法として、技術士部門の総合技術監理手法 (リスク管理、リスクマネジメントなど) を学ぶ。					
(6) 技術者が地球環境問題、環境問題についてどのように取り組むことが期待されているかを考える。					
【成績評価の方法】			講義への出席(20%)とレポート評価(80%)		
【教科書】			配付資料		
【参考書】					

＜全研究科共通科目＞

外国文化特論 (Foreign Culture)

選択

1 単位

2 期

非常勤講師

クレメンス メツラー

授業時間外の学修 30 時間 (毎週 2 時間)

【講義の概要】

西洋の映像文化を多様な角度から分析・解明する。学生の外国文化への幅を広げる。

文化的要素が人々の生活を形成する際に重要な役割を演じる事の理解度を深める。自分の国の文化に対する新しい展望を提供する。

ヨーロッパと日本で得た経験・知見を織り込んだ講義内容

【学修到達目標】

- ①ヨーロッパ文化の社会、宗教、歴史的な背景を理解することができる。
- ②ヨーロッパの建築様式および美術様式を概説することができる。
- ③現代ドイツの経済や産業の源泉について探ることができる。
- ④日本文化を海外の視点で見ることができる。

【講義の内容】

- ①オリエンテーション、「キリスト教ギリシャ、古代ローマ、キリスト教」、「キリスト教：源泉／歴史／文化的影響、ユダヤ教／イスラム教」
- ②ドイツの日常生活：民族の祭りと風俗慣、食文化、伝統、学制、西ドイツ・東ドイツ、ドイツの方言、新聞、本の見本市、他について
- ③欧米の文化史、歴史の流れの中で、建築、造形芸術、音楽、ファッション、タイポグラフィ を比べる、その1「古代ギリシアから中世、ルネサンス、バロック」
- ④製品のデザイン史、イギリス産業革命、大量生産性と美、ドイツのデザインの始まり、ポルシェ と フォルクスワーゲン社、「Made in Germany」から「Designed in Germany」へ、バウハウス から アップル まで、他
- ⑤欧米の文化史、歴史の流れの中で、建築、造形芸術、音楽、ファッション、タイポグラフィ を比べる、その2「アール・ヌーヴォーからモダン、ポスト・モダン、現在まで」
- ⑥現在のヨーロッパ：「イギリスとヨーロッパ」、「ドイツとフランス」、「北欧」、「ロシアと東ヨーロッパ」、「ギリシャクライシス」、「難民を受け入れる伝統」、他
- ⑦ まとめと自由討論
講義の最後は全員で自由討論、意見交換する。
注：外国人留学生在が出席する場合には、英語（及ドイツ語）での説明も可能。

【成績評価の方法】 講義での討論 (30%)、レポート提出及びショートレクチャー (70%) による総合評価

【教科書】 使用しない

【参考書】 特になし（授業の中で紹介する）

【連絡先】 メール：hello@clemensmetzler.com
