

## 研究科共通科目（展望科目）

（下線を引いた科目は英語だけでも履修できる）

### 情報学展望 1

IT 革命以降、社会はますますインターネットへの依存を深めている。インターネットはデジタル機器間の情報の流通を極めて高速に安価に行うことを可能にし、コンピュータによるネットワーク接続を身近で手軽なものにした。一般市民の利用が広がるに従い、インターネットは政府・自治体や電子商取引など重要な分野でも使用されるようになった。しかし、このことは同時にインターネットの持つ脆弱性に多くの人をさらす結果となっている。本講義では、インターネット上の脅威からユーザを守るために使われている基本的な技術と、実際にありうる脅威、その対策について講述し、技術面から社会現象、法整備まで多岐に渡る内容の紹介を通じて、情報セキュリティの基礎を概観し、受講者間のディスカッションも交えながら、理解を深める。

### 情報学展望 2

本講義では、専攻を横断し、かつ情報学のフロンティアと位置付けられる複数のテーマについて展望する。まず、AI、ICT、数理・データ科学の各分野について概観した後に、人間の情報処理メカニズムの解明、及びロボットとのインタラクションについて、本研究科の教授及び外部講師により、情報学的な視点から最先端の話題の紹介を行う。

### 情報学展望 3 (Perspective in Informatics 3)

This course deals with differential equations arising in science and technology, which are also deeply connected to broad applications in engineering and social science. The course is divided into two parts.

The first part of this course deals with nonlinear diffusive partial differential equations (PDEs) from physical and biological multispecies applications. A particular feature of these equations is their entropy or gradient-flow structure, which reveals their thermodynamic origin. The objective is to exploit the thermodynamic structure for the mathematical analysis. Topics of the first part of the course include an introduction to entropy structures for the cross-diffusion systems, their formal derivation from on-lattice and kinetic models, and the numerical approximation by finite-volume methods that preserve the entropy structure. Students will learn how to apply these techniques to real-world models and how to discretize them numerically in an efficient way.

The second part of this course starts with some preliminaries of advanced ordinary differential equations including existence theory, the dependence of initial data, stability analysis and Lyapunov function method. Next, we shall introduce the celebrated Kuramoto model, an ODE system which describes the synchronization phenomena. We then introduce a series of mathematical analysis on the Kuramoto model and its variations. We shall also introduce some open problems concerning this model.

### 情報学展望 4 (Perspective in Informatics 4)

未定

### 情報学展望 5 (Perspective in Informatics 5)

The course covers topics of many disciplines in the departments of the school from mathematical theory to application areas. It provides an introduction and state-of-the-art in each topic.

## 研究科共通科目

### プラットフォーム学展望

社会に遍在する各種情報をデジタルデータ化し、そのデータを広範囲に収集し、ビッグデータと呼ばれる大規模データとして蓄積、それらデータの整理、分析、共有するという情報通信（ICT）技術を利用した“プラットフォーム”に関連するテーマについて、知能情報学・先端数理科学・数理工学・システム科学・通信情報システムに関する観点から最先端の話題の紹介を行う。

### 計算科学入門

計算アルゴリズムと計算機アーキテクチャによる高精度計算と高速計算の基礎、並列計算技法、応用事例を教授する。コンピュータを活用する上で最も重要な逐次計算の高速化技法と、マルチコア CPU を搭載する計算機での並列計算技法や分散メモリ型並列計算機における並列計算技法について、C 言語を利用して実習を行う。計算科学についての基礎力をつけることを目的とする。

### 計算科学演習 A

大規模データに対する統計処理を通して、高速な逐次計算プログラムを作成する技法と並列計算の初歩を学ぶことを目的とする。数値計算と統計計算について簡単に触れた後、計算機アーキテクチャの説明、キャッシュの有効活用などの話題を解説し、高速な逐次計算プログラムを作成する上での注意点を解説する。さらに、マルチコアCPUを搭載する計算機での代表的な並列計算技法であるOpenMPと分散メモリ型並列計算機のための並列化技法であるMPIについて学ぶ。

### 情報と知財

本講義では、著作権法とデジタルコンテンツ著作権、特許法制度と情報分野に関わる特許（ソフトウェア特許やビジネスモデル特許等）、知財の生成・管理のための情報技術、個人情報保護等について講述する。これにより、情報に関わる著作権、特許、知財管理、個人情報保護に関する知識を十分に取得できていることを到達目標とする。

### イノベーションと情報

研究や技術開発に関する理論を、情報活用につながるよう体系的に概観する。受講者は、事務系、技術系を問わず、また製造業志望、非製造業志望も問わない。イノベーションや価値創造の背景や論理が理解できるよう、講義する。各回のテーマやトピックスは、経営学の諸理論と技術開発との関連がよく理解できるよう選択されている。たとえば、中央研究所の意義、「研究」・「開発」分類、製品アーキテクチャ論、マーケティングとイノベーション、

ナレッジマネジメントとイノベーション、戦略論とイノベーション、経営組織とイノベーション、日本型経営と日本人論、技術者の倫理、など。

### 情報分析・管理論

今日、分野を問わず最先端の研究を進めていくには、大規模データの分析・管理技術が不可欠となっている。本講義では、有用な情報の抽出、それらの管理、各種のアルゴリズムや確率的モデルに基づく分析、分析結果の可視化など、多くの分野で利用されているトピックを精選して講述する。特に、グラフを中心とした問題のモデル化とアルゴリズムといった情報科学の基礎、データマイニング、データベース、情報の可視化、ユーザインタフェースと対話技術、情報の発信技術等を取り上げる。具体的な問題に対してどのようにそれらの技術が適用できるかを学ぶことで技術の基本的な考え方を理解し、各自の分野で応用が可能になることを目指している。

### 情報分析・管理演習

今日、分野を問わず最先端の研究を進めていくには、大規模データの分析・管理技術が不可欠となっている。本講義では、有用な情報の抽出、それらの管理、各種のアルゴリズムや確率的モデルに基づく分析、分析結果の可視化など、多くの分野で利用されているトピックを精選して演習を実施する。特に、グラフを中心とした問題のモデル化とアルゴリズムといった情報科学の基礎、データマイニング、データベース、情報の可視化、ユーザインタフェースと対話技術、情報の発信技術等を取り上げる。具体的な問題に対してどのようにそれらの技術をどう応用するかといった技術を習得し、各自の分野で応用が可能になることを目指している。

### 情報学による社会貢献

情報学の知見を背景とする奉仕活動等を含め、情報学の学修を通して得られた知見の社会貢献を支援することを目的とした実習科目である。

具体的な実施ならびに単位認定は以下の通りである：

- (1) 本科目の履修を希望する学生は、実施計画を策定し、研究科長に提出する。実施計画には、情報学に係るどのような知見をどういう形で社会貢献等に活かすかの具体的な計画、実施の時期と場所、また実施場所が学外の場合は準備状況・学外組織(NPO 法人等)との関連ならびに学生保険への加入状況、単位認定に必要な最低 45 時間の時間の確保、および指導教員の所見についての記載を必要とする。
- (2) 研究科長は、(1)で定める実施計画が提出されたとき、その適切性を教務委員会に附議し、教務委員会が適切と判断されたときには履修を認める。教務委員会は計画が情報学の社会貢献に該当するか否か、他の組織との関連性、また学外での実習の際は実習場所

の危険性、保険・準備の状況等を総合的に審議する。

- (3) 履修者は実習終了後に研究科長に報告書を提出する。報告書には 45 時間の時間の実習の実施ならびに(1)項の実施計画の達成度、および実習に要した経費の支弁明細について記載されねばならない。
- (4) 研究科長は、(3)で定める報告書が提出されたとき、その適切性を教務委員会に附議し、その判断に基づいて可否により成績評価を行なう。
- (5) 履修者は本実習に際し、報酬・謝金（実費程度の旅費・宿泊費等は除く）を受け取ってはならない。

注意：上記(3)の実施報告書に意図的に虚偽の記載を行なった場合は、情報学研究科成績評価規程第 10 条で規定される不正行為と見なす。なお本科目は同 11 条の対象とはしない。

### 情報学におけるインターンシップ

研究科の学生が民間企業等でのインターンシップを通して、社会の仕組みに対する理解を深めると共に、将来のキャリア設計を熟考する機会を設けるものである。

本科目は実施ならびに単位認定の具体的な内容は以下の通りである。

- (1) 本科目の履修を希望する学生は、受入れ企業等と十分事前調整を行なって実施計画を策定し、研究科長に提出する。実施計画には、実施の時期と場所、準備状況ならびに学生保険への加入状況、単位認定に必要な最低 45 時間の時間の確保および指導教員の所見についての記載を必要とする。
- (2) 研究科長は、(1)で定める実施計画が提出されたとき、その適切性を学生の所属する専攻に附議し、当該専攻長は専攻会議等の議を経て、本科目の履修を可否により研究科長に報告する。
- (3) 履修が認められたとき、履修者は実習終了後に研究科長に報告書を提出する。報告書には 45 時間の時間の実習の実施ならびに実習に要した経費の支弁明細について記載されねばならない。
- (4) 研究科長は、(3)で定める報告書が提出されたとき、その適切性を教務委員会に附議し、その判断に基づいて可否により成績評価を行なう。
- (5) 履修者は本実習に際し、報酬・謝金（実費程度の旅費・宿泊費等は除く）を受け取ってはならない。

注意：上記(3)の実施報告書に意図的に虚偽の記載を行なった場合は、情報学研究科成績評価規程第 10 条で規定される不正行為と見なす。なお本科目は同 11 条の対象とはしない。

## 知能情報学コース

(下線を引いた科目は英語だけでも履修できる)

### 認知科学基礎論

人間の主な感覚、知覚、認知機能を概括し、その脳内メカニズム（神経機構）について考察する。あわせて、ニューラルネットワークモデルや計算理論についても紹介する。

### 情報科学基礎論

情報の構成要素・構造・モデル化・抽象化に関する理論、また、言語、音声、画像メディアにおける情報の解析・理解・生成について、各分野の先端的研究を理解するための基礎的知識を概説する。

### 生命情報学基礎論

生命の設計図であるゲノム塩基配列を出発点とし、多様な生命現象に至る情報の流れを読み解くための情報科学的解析方法について学ぶ。生命科学の基礎、基本的なアルゴリズム、統計解析、機械学習、確率モデルなどの紹介を通じて、生命情報学（バイオインフォマティクス）の基礎を概観する。

### 認知科学演習

認知科学、特に視覚認知に関する実験的、理論的研究の中から各学生の研究テーマにとって重要な研究を紹介し、認知科学研究の現状と問題点を議論する。

### 計算論的認知神経科学

人間の知能の源泉は脳、より正確には脳における情報処理、すなわち脳計算である。人間の脳の働きを理解する、または新たな知能情報の実現を目指して人間の知能理解から学ぶ、これらの目的のために必要とされる、脳計算の基礎的な知識の習得を目指す。そのために、脳計算という視点の重要性からはじめて、認知神経科学の話題から、実験と理論（行動や脳活動などの実験的知見と統計情報科学や機械学習などに基づいた脳数理モデル）が融合される中で脳メカニズムおよび脳情報処理の理解がいかに進むのかを解説する。具体的には、神経細胞集団活動による外界情報の符号化や情報幾何による集団活動相互作用解析などの比較的ミクロに近いレベルや、大脳基底核関連回路などの脳部位にまたがる機能、さらにはマクロな認知としては、注意、意思決定（強化学習）、社会的な意思決定（心の理論）などの人間の hoch 機能理解について、脳計算を通じた解説とともに最近の研究例も紹介する。

### パターン認識特論

パターン認識の基礎、距離尺度とクラスタリング、特徴抽出などについて概説する。その上で、より高度な識別器（GMM、HMM、DNN など）と学習規範（最尤推定、バイズ学習、深層学習など）について紹介する。時系列パターンのモデル化・認識についてもとりあげる。

### 音声情報処理特論

音声および音響・音楽の情報処理に必要な基礎概念の修得を目的とする。人間の聴覚機能を概説し、音声の基本的な性質と音声分析手法について説明する。その上で、音声合成・音声符号化・音声認識、及び音声対話システムについて概観する。次に、音響信号処理、具体的には音源定位・音源分離・分離音の認識手法について述べる。最後に、音楽信号を対象とした自動採譜や音源分離などの処理について述べる。

### 言語情報処理特論

自然言語テキストを処理するために必要な、形態素解析、構文解析、意味解析、文脈解析等について論じる。また、機械翻訳や自然言語インタフェースなどの言語情報処理の応用についても紹介する。

### コンピュータビジョン

画像や映像からの実世界の物体や情景の計算機による解析および理解のために必要な、視覚情報処理の基礎と応用について論じる。カメラの光学的・幾何的モデル、射影空間や画像処理にはじまり、照度差ステレオや Structure from Motion などに代表される 3次元形状復元、さらに動き解析や物体認識にいたるコンピュータビジョンの基礎理論とその応用を具体的実装も含め学ぶ。

### ビジュアルインタフェース

人間-計算機間のインタフェースに関し、ヒューマンインタフェースの基本的概念、現実世界の仮想化、入出力デバイスなどのシステム構成的な考え方や現在の技術とともに、人間の状態に応じたインタラクションを行うための、人間の生理的な内部状態の計測や顔・表情・視線・動作などの外部表出情報の計測・認識方法について講述する。

### 生命情報学特論

バイオインフォマティクスにおける専門性の高いトピック、および、先端的なトピックについて講義する。具体的には、バイオインフォマティクスにおける離散アルゴリズム、生体ネットワークの離散数理モデルとその解析などについて説明する。なお、本科目の受講にあたっては生命情報学基礎論を受講していることが必須である。

### 知能情報学特殊研究 1

人間の情報処理機構およびそれを基にした高度な知能情報処理の各分野において、学生の研究テーマに関連した知識を、その基本にさかのぼって体系的に教授し、演習・実習を行って応用力を養わせる。

### 知能情報学特殊研究 2

人間の情報処理機構およびそれを基にした高度な知能情報処理の各分野において、学生の研究テーマに関連した最近の研究論文を解説させつつ、その手法・結果について討論を行い、多様な研究方法・最新の研究結果に習熟させるとともに、研究の評価・批判の方法を学ばせる。

### 知能情報学特別セミナーI, II

知能情報学を構成する学術分野と関連分野に関する知識を習得する。配属研究室以外の研究室が開講するセミナー・実習・演習、各研究室が最新的话题を輪講形式で提供するセミナー、企業・研究所におけるインターン実習などを含む。コース内学生を対象とするが、余裕がある場合は他コース学生の履修も認めることがある。

### 知能情報学特別セミナーIII, IV

知能情報学を構成する学術分野と関連分野に関する知識を習得する。各研究室が最新的话题を輪講形式で提供するセミナー、企業・研究所から招聘した講師による講演会、企業・研究所におけるインターン実習などを含む。コース内学生を対象とするが、余裕がある場合は他コース学生の履修も認めることがある。

## 社会情報学コース

下線を引いた科目は英語だけでも履修できる。

同一内容の日本語名の授業科目がある場合には、英語授業科目または日本語授業科目のいずれかの単位のみ認定される。

### 情報社会論（日本語講義・英語講義を行う）

情報政策、情報と法制度、情報と経済、情報倫理、情報と教育など、情報技術の社会へのインパクトや社会との関わりについて講述する。これにより、受講者は、情報技術の歴史と動向、情報化社会の問題点、情報技術による社会革命、プライバシーとセキュリティ、情報政策、知的財産権、専門家の論理と責任など、情報技術と社会とのかかわりについて、多角的に学習する。

### Information System Analysis（日本語の講義を実施し同じ教室で英語でのサポートも行う）

情報分析および情報システムの分析・評価を行うための基礎となる理論と技術を学習する。このために必要な各種の統計処理手法等について体系的に学ぶ。具体的には、実験計画法、システム分析、データ解析法、データマイニングに関する知識および具体的なデータを用いた処理手法について講述する。講義と連動して演習を行い、講義で学んだ理論および技術を演習で実践することで、情報システムを評価するための基礎を習得する。

### Practice of Information Systems（日本語講義、英語講義を同じ教室で実施する）

講義で学んだ理論および技術を実際的な課題に対して演習で実践することで、情報システムを分析・設計するための基礎を習得する。

### Multiagent Systems（英語の講義を実施し同じ教室で日本語でのサポートも行う）

社会情報システムを分析・設計・構築するための素敵な概念や方法論となるマルチエージェントシステムについて講述する。具体的には、コレクティブインテリジェンス、群衆コンピューティング、メカニズムデザイン、実世界システム設計・実装の各方法論を講述する。受講者は、これらによって、マルチエージェントシステムの基礎を理解し、社会における実際の情報システムの構築や運用のための設計方法論や実装・運用技術の実際を学ぶ。

### Biosphere Informatics（日本語の講義を実施し同じ教室で英語でのサポートも行う）

生物圏で得られるデータの基本的な解析法について、Rによる処理を中心に講述する。さらに、受講者各自が生物、環境等に係る課題についてデータ解析を行い、その結果を発表する。



## ヒューマンロボットインタラクション

知能ロボットが人々の日常生活の場で利用されるようになりつつある。人々と社会的なインタラクションをおこなうような「人らしい」ロボット、人々の近傍で邪魔にならないように作業・活動する人間共存型ロボット、テレプレゼンスロボットやドローンのように人間が操縦するロボット、など、様々な形でのインタラクションが、ロボットの主要な機能として含まれるようになってきた。このようなインタラクションができるロボットを構築するためには、情報処理技術、知能ロボット技術だけでなく、人間の認知・心理の特性も理解した学際的な思考が必要である。本講義では、様々な形でのヒューマンロボットインタラクションを俯瞰し、新たなインタラクションを設計・構築することを可能にする学際的な思考を学習する。

## 防災情報特論

わが国及び諸外国の災害予防および災害対応の現状と、その中での情報課題について講述する。特に、防災における情報の意義と防災情報システムへの具体的適応例、および災害時等の危機的な社会状況における人間の心理過程を的確に組み込んだ情報処理のあり方を論ずる。

## 危機管理特論

災害対応の全過程を危機管理の対象として、発災前のリスクマネジメントと発災直後からのクライシスマネジメントの観点から自然外力と社会の脆弱性との関数として表現される災害による被害に対して、被害抑止及び被害軽減をどのように組み合わせた防災システムを社会が持つべきかについて論ずる。

## 医療情報学

医療における情報技術・情報科学の応用と、情報技術・情報科学に対する医療の影響、医療と情報技術・情報科学の関係の現状や最近の話題について論じる。

## ビジネス情報論

IT（情報技術）が社会に及ぼす影響のうち、ビジネス分野におけるさまざまな現象、課題とそれに対する最先端のソリューションについて、実践の立場からの事例を踏まえた論を講義する。e ビジネス、最先端ネットワーク、通信政策、企業システム、ナレッジマネジメント、コミュニティ IT などが含まれる。

## 情報教育特論

情報通信や知識の比重の増している現代社会では、基礎的素養としての情報の取扱いと情報通信技術に関する適切な知識と実践のためのスキルの獲得が求められる。また教育そのものも情報技術によって大きく変化している。この講義では高等教育段階での一般教育としての情報教育のあり方と教育の情報化について論ずる。

## 分散システム

LAN やインターネット、無線ネットワークなどを通じて数多くの計算機が連携する分散システムが重要性を増している。本講義では特に、ウェブ向けサービスの裏側など数百台から、インターネット上の数百万台を駆動する大規模システムを対象とする。それらを支える技術の解説、事例や文献の紹介を通して、これからのネットワークコンピューティングについての学習を行う。

## 暗号と情報社会

暗号・認証をはじめとする情報セキュリティの基礎技術と、それらの実際の情報社会における応用について理解する。特に公開鍵暗号が PKI として運用され、認証や電子署名の基盤として利用されるにあたって発生する諸問題や、電子マネーにかかる諸問題、電子投票など新たに提案されつつある暗号応用、電子商取引の実態、実際の情報インフラストラクチャにおける運用の実態などについて解説する。

## ユーザーエクスペリエンス（日本語講義、英語講義を同じ教室で実施する）

ユーザーエクスペリエンス（ユーザが情報システムとのインタラクションを通して得る体験や価値）を向上させる上で重要となる方法論について学ぶ。最近の研究事例を参考に、受講者が使いづらいと感じるユーザインタフェースや人・社会に弊害をもたらしていると考える情報技術について調査を行い、それらの問題を改善する情報システムの提案、簡易なプロトタイプ作成と評価を行い、発表する。

## サービスモデリング論

「サービス」において、無形の事象や財、プロセス等が価値をもたらす。複数のステークホルダがサービスを適切に認識し、その情報を共有するためにはサービスを視える化することが効果的である。本講義では複数の側面からのサービスモデリングについて、手法やモデル化の意図を解説する。ここで対象とするサービスとは、対人サービスをはじめとした第三次産業だけでなく、製造業におけるサービス化も含めた産業全体のサービスである。経営管理と情報学との学際・融合領域の講義である。

### **社会情報学特殊研究 1**

情報処理技術およびネットワーク技術の社会への応用に関する分野および関連分野について各学生が研究テーマを設定し、テーマに関連した体系的調査、演習、実習、実験等を行う。

### **社会情報学特殊研究 2**

情報処理技術およびネットワーク技術の社会への応用に関する分野および関連分野について各学生が研究課題を設定し、最新の研究動向を踏まえて技術開発、調査研究、討論等を行い、各研究課題に対する解を導いて論文にまとめるとともに、研究の評価・批判の方法を学ぶ。

## 先端数理科学コース

### 応用解析学通論A Applied Analysis A (本年度開講せず)

数理科学における“現象の記述”に際して最も重要な役割を果たしている微分方程式について、理論に重きをおいて講述する。学士課程の常微分方程式の講義ではその解法に重点が置かれることが多いが、ここでは初期値問題や境界値問題について、解の存在と一意性や与えられたデータに関する安定性等を、数学解析や力学系理論等を踏まえて講述する。また偏微分方程式では数理物理に現れる典型的な幾つかの方程式について、初歩的な解法と共にその解の基本的な構造について講述する。

本講義を理解するには線型代数と微積分の知識は不可欠であり、初歩的な複素函数論の知識もあることが望ましい。

成績評価は定期試験とレポート試験等を組み合わせて行うこととし、その詳細は講義時に説明する。

参考図書：金子晃 「微分方程式講義」(サイエンス社)  
熊ノ郷準「偏微分方程式」(共立出版)

### 応用解析学通論B Applied Analysis B

函数解析学は個々の函数を“函数空間の点”と考えて扱う数学で、線型代数の無限次元版ともいえる。本講義は函数解析の理論の中でも最も基本的な概念と、そこから導かれる基礎的な理論の理解を目指す。これによって数理科学に現れる様々な微分方程式や積分方程式は、特に線型問題の場合には、見通しよく統一的に扱われることが多い。具体的には、Banach 空間や Hilbert 空間と、そこでの線型作用素等に関する初歩的な理論を講述する。

本講義を理解するには線型代数と微積分の知識は不可欠であり、常微分方程式の知識もあることが望ましい。

成績評価は定期試験とレポート試験等を組み合わせて行うこととし、その詳細は講義時に説明する。

参考図書：黒田成俊「関数解析」(共立出版)

### 非線形物理学通論A Nonlinear Physics A (本年度開講せず)

生物や社会現象に見られる複雑な挙動を、非線形力学系としてモデル化し解析するための理論的基礎を習得することを目的とする。具体的には、散逸力学系におけるリミットサイクルやカオス、保存系のカオス、ノイズのある力学系等を取り上げ、初歩的な解析を解説する。また、非線形振動子の引き込みやカオス同期なども講述する。

成績評価の方法ならびに参考図書等は講義中に説明する。

## 非線形物理学通論B Nonlinear Physics B

物理系から生命・社会システムまでの重要な系の中には、基本となる要素が相互作用することにより、機能を発現したり、複雑な振る舞いを見せるシステムがある。本講義では、このような多数の要素の相互作用による非線形現象に関連する数理モデルを概観し、それらを解析するための種々の統計物理・非線形力学・情報理論の基礎を講述する。

成績評価の方法ならびに参考図書等は講義中に説明する。

## 応用数理学通論A Applied Mathematical Sciences A (本年度開講せず)

先端数理科学コースの基礎的学術として、流体力学および分子気体力学（希薄気体力学）の基本事項についての理解を深めることを目的とする。具体的には流体力学の基礎方程式、非粘性流体、圧縮性流体、遅い粘性流、分子気体力学等に関する基本事項を講述する。成績評価の方法はレポート等を予定しているが、詳細は講義時に説明する。

参考図書：巽友正『流体力学』（培風館）

曾根良夫・青木一生『分子気体力学』（朝倉書店）

## 応用数理学通論B Applied Mathematical Sciences B

応用数理学の基礎的な話題のうち、特に工学分野の数値計算手法にする知識を習得することを目標・目的とする。具体的には工学に現れる種々の偏微分方程式の数値計算を行うための基礎知識や基本的な算法について講述する。

本講義を理解するためには、線型代数学・微分積分学についての知識が必要である。成績評価の方法は講義時に詳細を説明する。参考図書については、授業時に紹介する。

## 微分方程式特論A Topics in Differential Equations A (本年度開講せず)

偏微分方程式の初期値問題についての基本事項を解説した上で、数理物理に現れる幾つかの典型的な偏微分方程式の解の構造について講述する。

成績評価はレポート試験を予定しているが、変更が生じた際には講義時に説明する。

参考図書：熊ノ郷 準「偏微分方程式」（共立出版）

Jeffery Rauch "Partial Differential Equation" (Springer)

## 微分方程式特論B Topics in Differential Equations B

偏微分方程式の逆問題について講述する。数理物理等に現れる典型的な逆問題を解説した上で、正則化法等の逆問題を解析する手法について講述する。

成績評価はレポート試験を予定しているが、変更が生じた際には講義時に説明する。

参考図書：Jeffery Rauch "Partial Differential Equation" (Springer)

Victor Isakov "Inverse Problems for Partial Differential Equations" (Springer)

### **非線型解析特論A Topics in Nonlinear Analysis A (本年度開講せず)**

確率論の基本事項を講述し、Brown 運動に関する最近の話題を紹介する。

成績評価はレポート試験を予定している。

参考図書：講義時に紹介する。

### **非線型解析特論B Topics in Nonlinear Analysis B**

フラクタルに関係する解析学および幾何学の話題について講述する。

成績評価の詳細については講義時に説明する。

参考図書：講義中に指示する。

### **応用解析学セミナー I Seminar on Applied Analysis I**

応用解析の進んだ学修に必要な基礎的な数学的手法・知識等をテキスト輪講等を通して身につけることが目的である。具体的には、履修者の希望と基礎学力を勘案して、微分方程式論・確率論・フラクタル解析・逆問題・数値解析等に関するテキストを選択し、担当者毎に独立してセミナーを行う。

履修の前提として、Lebesgue積分、関数論、関数解析、Fourier解析、多様体論等の数学の基礎的な事項についての知識は既習とする。

### **応用解析学セミナー II Seminar on Applied Analysis II**

博士後期課程進学希望者および教員免許の取得希望者を主対象とし、応用解析の先端的な話題についての討論および論文輪講などを、担当者毎に独立して行う。なお、履修に際しては専攻の承認を要する。

### **応用解析学特論 I Topics in Applied Analysis I (英語講義、開講日注意)**

確率論・確率解析に関する話題からいくつかのトピックを選んで講述する。

成績評価の方法ならびに参考図書等は講義中に説明する。

### **応用解析学特論 II Topics in Applied Analysis II (開講日注意)**

確率論、フラクタル解析、微分方程式に関する話題の中からいくつかのトピックを選んで講述する。具体的なトピックについては、開講日程とともに別途掲示する。

成績評価の方法ならびに参考図書等は講義中に説明する。

### 非線形力学特論A Topics in Nonlinear Dynamics A (本年度開講せず)

マルコフ連鎖や確率微分方程式について（具体的な例題を通じて）解説した後、フォックプランク方程式、初通過問題、確率共鳴現象、分子モーターなどの生命現象に関連した確率モデルなどからいくつかの研究例を紹介する。

成績評価は、レポート試験に基づいて行う。参考図書は、講義中に示す。

### 非線形力学特論B Topics in Nonlinear Dynamics B

われわれの脳は、極めて多数の神経細胞からなる複雑なネットワークであり、神経細胞間の非線形な相互作用を通じて高度な情報処理を実現する。特に近年、神経細胞ダイナミクスを大規模に捉える技術や、それらを数理的に記述する手法が急速に発展したことで、新規な機械学習開発などへの応用が期待されている。本講義では、神経情報処理と脳の学習に関する最近の話題を紹介し、それらを数理的に記述する手法を述べる。

成績評価の方法ならびに参考図書等は講義中に説明する。

### 非線形物理学セミナー I Seminar in Nonlinear Physics I

非線形系・非平衡系の研究に必要な基礎的な手法・知識等を、テキストの輪講や演習等を通して身につけることが目的である。具体的には、流体などの力学系の非線形挙動、確率力学系の応用統計力学、決定論的カオス、散逸構造、乱流、神経系のダイナミクスなどからテーマを選定し、担当者がグループごとに独立してセミナーを行う。

### 非線形物理学セミナー II Seminar in Nonlinear Physics II

博士後期課程進学希望者および教員免許の取得希望者を主対象とし、非線形物理学の先端的な話題についての討論および論文輪講などを、担当者毎に独立して行う。なお、履修に際しては専攻の承認を要する。

### 非平衡物理学特論A Topics in Nonequilibrium Dynamics A (本年度開講せず)

振り子の運動に現れる非線形力学、および、1次元写像や散逸力学系に現れる決定論的カオスについて講述する。また、カオスと密接な関係にあるフラクタル、カオス解析に用いられる統計熱力学形式を説明する。更に、カオス同調やカオス拡散などの話題にも触れる。

成績評価：講義中に行う小テストと期末試験に基づく。

参考文献：井上・秦 「カオス科学の基礎と展開」(共立出版)

### **非平衡物理学特論B Topics in Nonequilibrium Dynamics B**

生物の神経系から化学反応系や物理系などの非平衡開放系で見られるダイナミクスに関し、つかの代表的な数理モデルと、それらを解析するための種々の統計物理の手法について講述する。特に、神経情報処理、リズム現象の解析や、ネットワーク上の力学系などに関して概説し、それぞれに特有な数理的手法を述べる。

成績評価は、講義内容に関する知識の到達度について、レポート試験を課して行う。

参考図書：適宜講義中に示す。

### **非線形物理学特論 I Topics in Nonlinear Physics I (開講日注意)**

非線形物理学と情報学の両者に関係するトピックからいくつかを選んで講述する。具体的なトピックについては、開講日程とともに別途掲示する。

成績評価の方法や参考図書に関しては講義中に示す。

### **非線形物理学特論 II Topics in Nonlinear Physics II (開講日注意)**

相互作用する多数の要素からなる系(多体系)は多くの分野で見られるが、単純な相互作用であっても厳密な取り扱いには困難であることが多い。そのため、近年、コンピュータの進化と共に多体系向けの数値的手法は欠かせない基礎技術となってきた。この講義の目的は現在活発に開発が行なわれている多体系向けの数値的手法の総括を行うことで、それらに関する進んだ知識を取得することにある。

成績評価の方法ならびに参考図書等は講義中に説明する。

### **計算力学特論A Topics in Computational Mechanics A (本年度開講せず)**

工学に現れる時間依存の偏微分方程式の時間域での数値解法について講述する。具体的には、差分法、有限要素法、境界要素法の時間域の数値解法について述べる。

成績評価と参考文献等については講義中に説明する。

### **計算力学特論B Topics in Computational Mechanics B**

計算力学で用いられる、代表的な偏微分方程式の数値計算法である有限要素法の数理、および線型方程式の反復解法であるクリロフ部分空間法について講述する。

成績評価と参考文献等については講義中に説明する。

### **応用数理学セミナー I Seminar in Applied Mathematical Sciences I**

工学に現れる種々の問題の数値シミュレーション、偏微分方程式の数値解法とその数学的基礎、希薄気体理論、流体力学等からテーマを選定し、担当者がグループごとに独立して、それに関するテキストの輪講ならびに演習を行う。



## 応用数理学セミナーⅡ Seminar in Applied Mathematical Sciences Ⅱ

博士後期課程進学希望者および教員免許の取得希望者を主対象とし、応用数理学の先端的な話題についての討論および論文輪講などを、担当者毎に独立して行う。なお、履修に際しては専攻の承認を要する。

### 数理学特論A Topics in Mathematical Science A (本年度開講せず)

分子気体力学（希薄気体力学）における自由分子気体（気体分子の分子間衝突が無視できる理想的極限）について、その理論的取り扱いや気体の振舞いの特徴および応用例を講述する。また、発展的事例として、自由分子流の数値計算手法、自由分子流に特有な履歴効果や速度分布関数の特異性を紹介する。

成績評価：レポート試験により評価する。詳細は授業中に指示する。

参考図書：曾根良夫・青木一生著「分子気体力学」（朝倉書店）

Y. Sone, Kinetic Theory and Fluid Dynamics (Birkhauser)

### 数理学特論B Topics in Mathematical Science B

気体を対象に、分子集団の統計的振る舞い記述するボルツマン方程式と流体力学の方程式系の関係について講述する。具体的には、ボルツマン方程式を解説した後、適切なスケールリングのもとで、拡散型方程式（ストークス方程式）、移流拡散型方程式（ナビエ・ストークス方程式）、移流型方程式（オイラー方程式）が導かれることを示す。後半では流体力学で用いられる境界条件の導出とその非平衡系への拡張を講述する。

成績評価：レポート試験により評価する。詳細は授業中に指示する。

参考図書：曾根良夫・青木一生著「分子気体力学」（朝倉書店）

Y. Sone, Kinetic Theory and Fluid Dynamics (Birkhauser)

### 応用数理学特論Ⅰ Topics in Applied Mathematical Sciences Ⅰ (開講日注意)

担当者の最近の研究成果に即して、現象の数理解モデル化と、モデルとなる微分方程式について講述する。

### 応用数理学特論Ⅱ Topics in Applied Mathematical Sciences Ⅱ (開講日注意)

いくつかの数値解析手法の理論からプログラム作成のための式の導出までを解説する。また、簡単な例題のコードを作成し数値解析手法についての理解を深める。

### 数理学特殊研究Ⅰ Advanced Study in Applied Analysis and Dynamical Systems Ⅰ

履修者と指導教員の討論などに基づいて研究テーマの策定を図り、また関連する文献の輪講や演習などを通して、研究遂行のための基礎事項の習得を図る。

## 数理科学特殊研究Ⅱ Advanced Study in Applied Analysis and Dynamical Systems Ⅱ

各自の研究テーマに沿って学習の深化を図り、修士論文の作成を目標とし、指導教員からの助言や討論等による指導を行う。

## 数理工学コース

(下線を引いた科目は英語だけでも履修できる)

### 計画数学通論

工学をはじめ社会科学、自然科学など、様々な領域に現れる数理モデルを取り上げ、問題解決のための色々なアプローチ、その中でも最適化手法を中心に講義する。特に、非線形最適化の理論、離散アルゴリズムの設計法などから話題を選び講述する。

### 数理物理学通論

数理物理学に現れる様々な問題を数学的側面に重点をおいて講義する。具体的には、振動論、変分法、特異点解析の理論を解説し、外力付き振り子、ビリヤード写像、天体力学などへの応用についても述べる。

### システム解析通論

動的システムのモデリング、アルゴリズムに関連した基礎的で重要な問題を取り上げ講述する。具体的には、システム同定法として予測誤差法や部分空間同定法に関して述べるほか、計算アルゴリズムとその可積分系の関わりについて解説する。

### 数理解析特論

急速に発展しつつある非線形モデルの数理的解析手法について、直交多項式と厳密に解けるモデルである可積分系理論を中心として、確率過程や量子通信への応用など様々な角度から講述する。数式処理ソフトウェアの利用法についても紹介する。

### 離散数理特論

離散数学から、基本的小および新しい話題を選んで講述する。具体的には、離散アルゴリズムの設計原理である動的計画法、分割統治法、貪欲法、局所探索法、離散最適化の双対性について講義した後、グラフ・ネットワークの理論、近似アルゴリズムなどについて解説する。

### 制御システム特論

制御システムの解析並びに設計にあたって重要となる事項を最新の動向まで含めて講述する。伝達関数や状態方程式を用いた学部教育で標準的な制御理論を復習したのち、制御モデルの不確かさを扱う必要性を述べる。不確かさに対処するためのロバスト制御理論、

制御システム論における凸最適化や多項式の利用方法、マルチエージェントによる分散制御、制御系における確率性ノイズの影響などについて言及する。

### **最適化数理特論**

様々な数理計画問題に対するアルゴリズムの設計法とその基礎となる最適化理論の重要な結果について講述する。具体的には、非線形計画問題における双対性理論、線形計画問題や凸計画問題に対する内点法、実際の応用に現れる問題を凸計画問題として定式化する方法などを中心に説明する。

### **物理統計学特論**

確率過程の基礎理論、決定論的カオスの統計力学理論、及び統計物理学の通信システムやスマートグリッド等の情報・エネルギー統合ネットワークへの応用、物理、生物系、社会科学における数理モデルへの応用に関して講義する。

### **力学系理論特論**

力学系の知識は数理科学や応用数学の分野において極めて重要なものとなっている。分岐およびカオス現象を解析するための道具である力学系理論を概説し、数値分岐解析ソフトウェアを利用してこれらの現象および応用について理解を深める。

### **数理ファイナンス通論**

資産価格過程を確率過程で与えた金融市場の数理モデル場で考察される、数理ファイナンスに関する入門講義を行う。

### **金融工学**

経済・経営における金融現象に関わる問題を数理工学的な立場から理解し、解決法を考察する「金融工学」について、金融関係の実務を知る講義担当者の視点から講述する。

### **応用数理工学特論A**

数理工学の分野でも数理工学等の科学的成果が、現代の工学として実世界にいかに応用されているかということを経済・経営とつながりにおいて理解することを目的としている。特に、OS、ネットワーク、短距離無線ネットワーク、及び光分析技術とその関連実用分野における数理設計に着目し、現代的課題でもある次世代モバイルネットワーク、医療・健康分野を中心とした短距離無線ネットワーク(BAN)の省電力ネットワーク技術と省電力セキュリティ技術の研究開発と実用化などを例に、実際の数理工学応用では何が必要かを解説する。

## 応用数理工学特論B

企業研究者が、システムの計画・評価や運用に不可欠な数理モデルの構築論を、国際標準で定義されるシステムアーキテクチャ論を絡めながら実際の企業研究での体験にもとづき講義する。応用例としては、IT システム、特に、生産システムのためのモデリング論を教授するとともに、社会基盤（特に、鉄道、電力、通信、水道といったいわゆるライフライン）分野を具体的な対象としてモデリング手法の活用動向を解説する。

## 数理解析セミナー

数理解析に関する進んだ学修に必要な基礎的な数理的手法・知識等についてテキスト輪読等を通して習熟することを目的とする。具体的には、履修者の希望と基礎学力、研究経験を勘案して、計算数学、古典解析学または力学等に関するテキストを選択し、セミナーを行う。

## 離散数理セミナー

離散最適化問題に対するアルゴリズムの設計手法である分枝限定法、動的計画法や線形計画における双対性などを理解していることを前提の上で、離散最適化のモデリング、アルゴリズムの設計に関する最近の成果を勉強する。この他、アルゴリズムの実装の仕方やアルゴリズムの実際の計算性能について調べるために、C 言語、MATLAB、CPLEX などを利用した計算機実験を行う。

## 最適化数理セミナー

数理最適化に関する幅広い知識を習得する。数理最適化の基礎的なテキストや最先端の論文等の輪講を行う。

## 制御システム論セミナー

このセミナーでは制御システム設計に関する基本から最新研究までについて学ぶ。話題は、最適制御、ロバスト制御、確率制御、ネットワーク化制御、推定、システム同定を含む。産業や社会システムに対する応用についても考える。

## 物理統計学セミナー

物理統計学の考え方を基礎としたデータ解析の基本原則(一般化中心極限定理等)とその応用を、仮想通貨の価格変動解析等の金融市場の安定性解析、GNSS データを用いる電離圏異常解析等の実際のデータを用いて考察する。

### **力学系数理セミナー**

力学系に関連した発展的な学修に必須となる理論および手法等について、書籍の輪読等により習熟することを目的とする。具体的には、履修者の希望等を考慮して力学系に関する書籍を選び、輪講および演習を行う。

### **数理工学特別研究 1**

数理工学の各分野にわたり、主にセミナー形式で最新的话题を取り上げ、テーマに応じて計算機実験や実習等を行う。

### **数理工学特別研究 2**

数理工学特別研究 1 で取り上げられなかった話題や、さらに進んだテーマを選んでセミナーや計算機実験を行う。

## システム科学コース

(下線を引いた科目は英語だけでも履修できる)

### システム科学通論 I Systems Sciences, Advanced I

様々なシステムの構成や評価、あるいはその安定性や信頼性、機能の高度化、人間や社会とシステムとのかかわりなど、システム科学に関する研究課題を幅広く取り上げる。本講義では、専攻各分野における最先端の研究成果およびそれらの基礎・方法論について講述する。

### システム科学通論 II Systems Sciences, Advanced II

様々なシステムの構成や評価、あるいはその安定性や信頼性、機能の高度化、人間や社会とシステムとの関わりなど、システム科学に関する研究課題を幅広く取り上げ、最新の話題とシステム科学研究の今後の展望を考察する。本講義では、受講生によるプレゼンテーションが求められる。

### 機械システム制御論 Control Theory for Mechanical Systems

ロボットや自動車に代表される機械システムのための制御理論を講述する。特に、ネットワーク化された機械システムを対象にした、数理モデリング、解析方法、制御方法について講義する。

### ヒューマン・マシンシステム論 Theory of Human-Machine Systems

認知、行動、過誤、論理、感情、生物属性をもつ人間の挙動と固有の役割、機械との多様な相互作用、ならびに健全な人間-機械システムを構成するための基本原理と方法論を教授し、実システムへの適用法と事例を講述する。

### 統合動的システム論 Theory of Integrated Dynamical Systems

人間、機械、社会、環境などさまざまな対象を統合した動的システムをモデル化・解析・設計・制御するための方法論として、非線形システムの最適制御問題およびマルチエージェントシステムの分散制御理論について講述する。前半では、最適化の基礎から始め、さまざまな問題設定と数値解法、応用について、近年の研究動向を含めて述べる。後半では、マルチエージェントシステムの分散制御理論の基礎と応用について述べる。

### 学習機械論 Theory of Learning Machines

ロボットなどの物理的身体を持つ機械が、外界との相互作用を通じて動的課題を学習するために必要となる方法論について講述する。具体的には、最適化の拘束条件となる多自由度ロボットの物理モデル（運動学および動力学）について紹介するとともに、ロボットの運動学習手法について述べる。

## **論理生命学 Integrated Systems Biology**

環境に適応しながら意志決定を行う「脳」の情報処理のモデルについて講述する。強化学習の数理と感覚情報処理の計算モデル、それらの脳内実現の可能性、ゲームなどのマルチエージェント課題への人工知能応用について講義する。

## **医用システム論 Medical Information Systems**

医学・医療に関する情報学的手法と画像計測、情報システムについて解説する。生体医工学と医用画像の基礎を紹介するとともに、医用画像の計測原理、画像処理や機械学習の生体解析、臨床医学への応用について概説する。

## **複雑システムのモデル化と問題解決 Modeling and Problem-Solving of Complex Systems**

複雑な社会における様々な問題を解決するために役立つ、対象の捉え方および問題への取り組み方の習得を学習目標とする。提供する方法論を構成する基本要素は、対象システムのモデル化、問題解決の枠組みとしてのフィードバック制御、種々の制約や要望を考慮した最適化問題としての定式化およびその解法である。前半では、収支に着目することで様々な対象が動的システムとして同じ枠組みで扱えることを示すほか、データに基づく汎用的なモデル化方法、意思決定や行動のモデル化方法を取り扱う。後半では、不確実な環境下で目的を達成するための枠組みを提供するフィードバック制御と最適化問題の考え方を提供する。

## **計算神経科学 Computational Neuroscience**

脳神経系は、自然が物質基盤の上に情報基盤を構築した点で特異的なシステムである。計算神経科学とは、脳神経系の情報システムの側面を明らかにしようとする学問分野である。本講義では、不確実な環境においても適切に情報処理を行い、また環境に適合（学習）することのできる脳神経系について、その情報処理・学習過程のモデル化、および情報処理過程の応用について講述する。

## **計算知能システム論 Computational Intelligence**

情報関連技術の急速な進展のおかげで、我々は今や膨大なデータを収集し蓄積することが可能であるが、同時に、膨大なデータのなかから有用な情報をいかに効率よく抽出するかという問題がその重要度を増している。本講義では、統計的学習理論などの統計科学の枠組みにもとづく計算知能の手法について講述するとともに、データからの情報抽出の問題への応用についても解説する。

## **システム生物学 Systems Biology**

発生・細胞生物学および数理生物学、情報科学の幅広い分野について、専門分野を超えた横断的な知識、技術、概念を講述し、細胞の構造、機能、動態とそれらの分子基盤の理解を深めるとともに細胞をシステムとして捉える視点について解説する。



### システム科学特殊研究1 Advanced Study in Systems Science 1

システム科学の各分野にわたり、主にセミナー形式で最新の話題を取り上げ、研究テーマに応じて演習、実験等を行う。

### システム科学特殊研究2 Advanced Study in Systems Science 2

システム科学特殊研究1で取り上げられなかった話題や、さらに進んだ研究テーマを選んでセミナーや演習、実験等を行う。

## 通信情報システムコース (下線を引いた科目は英語だけでも履修できる)

### 離散アルゴリズム理論

離散アルゴリズムに関する最近の話題を講述する。計算量理論の基本事項を述べた後、分割統治法や動的計画法などのアルゴリズムの基本技法、および近似アルゴリズムやオンラインアルゴリズムなどの実用的技法を概観する。さらに、論理、集合、文字列、順列等の大規模離散構造データを効率よく扱うための最新のアルゴリズム技法を紹介する。

予備知識：アルゴリズムとデータ構造、論理システム、グラフ理論

### Introduction to Algorithms and Informatics (アルゴリズムと情報学入門, 英語講義)

アルゴリズムは計算的問題を解決するための厳密に定義された手続きである。信頼性の高いアルゴリズムは我々の日常生活の中でもきわめて重要な位置を占めており、例えばインターネットやスマートフォンはアルゴリズムなしには成立しない。本講義では、アルゴリズムの基本であるアルゴリズムの設計とその効率の解析のための一般的な技術を実社会の応用上重要で広く使われるアルゴリズムの例とともに論じる。

### デジタル通信工学

デジタル情報伝送における基本的事項である整合フィルタ受信、変復調方式（マルチキャリア変調を含む）、畳み込み符号と最尤復号などについて述べるとともに、これらの技術が実際の無線通信システムでどのように使われているか説明する。また各種のマルチパス・フェージング対策技術や高能率ブロードバンド無線通信など最近の動向についても紹介する。

### 情報ネットワーク

情報ネットワークをデザインするための各種基本アーキテクチャとそれらを支える基礎技術を取り扱う。具体的には、パケットスイッチングによるネットワーク、IP (Internet Protocol) など代表的プロトコルについて解説する。また、モバイルネットワークやセキュリティといったアプリケーションについても論じる。

予備知識：デジタル通信の基礎、確率統計の基礎

### 集積回路工学特論

集積回路は情報システムの高機能化・高信頼性化・低価格化を担うキーデバイスである。集積回路製造技術の進歩により、集積可能な回路規模は増加の一途をたどっている。本講義では、集積回路設計を概説し、回路設計を進めるうえで必要な製造、MOS デバイス特性を講述する。具体的には、集積回路の現状と技術動向、集積回路設計フロー、VLSI 製造技術、CMOS レイアウト設計、MOS デバイス特性、CMOS 回路の遅延・消費電力特性、クロック・電源分配法について講義する。

予備知識：電子回路、デジタル回路、論理回路

### 情報通信技術のデザイン

コンピュータと通信網は人類が生み出した最も複雑な人工物であるが、その構造を直接見ることができない等の理由により、これらの構成原理となるデザインを知ることが困難となっている。本講義では、情報通信技術の設計原理を、(1)階層的抽出化、(2)トレードオフ、(3)人と社会の模倣、の3点であると捉え、コンピュータと通信網を具体例としてその原理を学ぶ。また、今後の情報通信技術のデザインの方向性と先端動向を、上記の設計原理を用いて述べる。

### Theory of Computational Complexity (計算量理論, 英語講義)

計算量理論の主な目的は、問題をその困難さで分類することにある。本講義では、計算量理論について、前半では計算量の基礎、特にNP完全性の理論について、後半ではより先進的な最近の話題をとりあげ講述する。

予備知識： アルゴリズムの設計と解析

### 並列計算機アーキテクチャ

単一プロセッサにおける命令レベル並列処理とその限界について述べ、データレベル並列処理、スレッドレベル並列処理等と種々の並列計算機およびドメイン特化型計算機のアーキテクチャについて講述する。

予備知識： 計算機アーキテクチャ、コンパイラ

### ハードウェアアルゴリズム

システム LSI 等の大規模なデジタル集積回路では、処理の高速化や消費電力の低減のため、さまざまな専用回路が実装されている。このような専用回路の開発においては、その基礎となるハードウェア実現に適した処理手順、すなわち、ハードウェアアルゴリズムの設計が重要である。本講義では、算術演算を中心にハードウェアアルゴリズムおよびその設計手法を講述する。

予備知識： 計算機アーキテクチャ、論理回路、アルゴリズム

### System Verification (システム検証論, 英語講義)

システムが仕様を満たすことを検証する手法について講義する。モデル検査、証明支援系、抽象解釈、モニタリング等の手法の理論と実装を扱う。

予備知識： 数理論理学； 正則言語とオートマトン； 計算複雑性； 集合， 関係， 写像等の基本的な数学の概念

### プログラム意味論

関数型プログラミング言語を題材に、計算機プログラムの形式意味論、パターンマッチや例外と言った高水準プログラミング言語の言語機構、型システム・型推論などのプログラム実行の安全性保証の枠組みについて論ずる。

予備知識： プログラミング言語

### 伝送メディア工学特論

伝送メディアを用いる際の回線設計、無線ネットワーク設計、特性解析技術、無線リソース制御技術を述べるとともに、最適化理論、ゲーム理論、確率幾何解析、機械学習との関係を概説する。

予備知識： 情報理論、変復調、通信ネットワークに関する基礎知識

### 応用集積システム

画像符号化処理などのアルゴリズムを基盤として、如何に応用システムを構成するかについて解説する。基本アルゴリズムに始まり、集積回路としてのアーキテクチャ、システム構成方式、システム評価法へと内容を展開する。

予備知識： 計算機システム、論理回路、画像処理

### System-Level Design Methodology for SoCs (集積システム設計論, 英語講義)

システム・オン・チップ (System on a Chip) や再構成可能 LSI 等、現代の集積システムにおける設計と検証技術について述べる。システムの設計効率を向上させるためのハードウェア記述言語および論理合成技術、および設計されたシステムの検証とテスト手法など、集積システムの計算機援用設計において用いられる技術について概説する。

予備知識：計算機システム、論理回路、プログラム言語

### Atmospheric Measurement Techniques (大気環境光電波計測, 英語講義)

地球大気環境は太陽と地球が輻射する電磁波(光・電波)の影響を強く受けている。逆に、大気圏を伝播する電磁波は、散乱、屈折、遅延等様々な効果を受けるが、それを活用することで斬新な大気計測法が開発されている。この講義では、まず大気環境の基礎過程を述べ、さらに、大気レーダー、ライダー(レーザー・レーダー)、および地球観測衛星による大気計測法等について詳述する。本講義は大学院横断教育プログラム推進センターのグローバル生存学リーディング大学院の理工融合講義としても提供する。

予備知識：電波工学、光子論の基礎、スペクトル解析、数理統計

### リモートセンシング工学

リモートセンシングとは興味の対象とする物理量を遠隔から計測・推定する技術の総称であり、一般に所望の物理量の一部あるいは積分量や混合量しか得られないなどの制約を伴う逆問題となる。このため目標とする物理量を得るためには一定の数学的枠組みに基づく定式化と適切な解法の構築が必要である。本講義では、種々のリモートセンシング逆問題において共通して現れる理論的構造と、これに対応するモデリング方法および解法について体系的に学習する。

本講義は大学院横断教育プログラム推進センターのグローバル生存学リーディング大学院の理工融合講義としても提供する。

予備知識：電波伝搬、フーリエ変換、確率と統計

### コンピュータネットワーク特論

エンド・ツー・エンド通信を実現するための技術と品質保証技術、仮想化技術、マルチメディアデータの表現形式と配信技術、安全な通信を行うためのアルゴリズムやプロトコル、プライバシー保護や著作権と関係する法制度などについて、最新動向を含めて詳述する。

### スーパーコンピューティング特論

スーパーコンピュータシステムをはじめとする高性能並列システムの機能・構成法、並びに、科学技術計算におけるハイパフォーマンスコンピューティング技術、並列処理技術について講述する。学術情報メディアセンターのスーパーコンピュータの利用を予定している。本科目は、計算科学に関する教育研究を行う全ての研究科に所属する大学院学生が履修しやすいよう5限の科目として実施する。

### 通信情報システム特別研究1 Advanced Study in Communications and Computer Engineering I

情報化社会を支える基盤技術である計算機ハードウェアやソフトウェア、さらには情報通信技術に関する先端技術の理解を通して、この分野の研究開発に必要な能力を養う。

### 通信情報システム特別研究2 Advanced Study in Communications and Computer Engineering II

情報化社会を支える基盤技術である計算機ハードウェアやソフトウェア、さらには情報通信技術に関する新しい研究課題に取り組みさせることにより、この分野の研究開発に必要な能力を養う。

## データ科学コース

(下線を引いた科目は英語だけでも履修できる)

### 統計科学基礎論

本講義では、近年のデータサイエンスにおいて中心的な役割を果たしている統計モデルの理論的背景と推測手法の実装方法の修得を目的とする。統計学の基礎知識が十分でない学生にも配慮し、講義前半では確率・確率過程の基礎から出発し、線形回帰モデルの一般形として様々なモデルを導入し、データ例を交えながら解説を行う。後半では、ベイズ推測の基礎理論と、その機械学習分野への応用に関する解説を行う。

### デジタル変容実践論

2018年の経産省レポート「デジタルトランスフォーメーション (DX) レポート～IT システム「2025年の崖」の克服とDXの本格的な展開～」では、日本の経済発展におけるDXの必要性和現状・課題が報告された。しかしながら、2021年に公開された「DX白書2021年」では、日本の組織における硬直的な組織文化やレガシーシステムなどの既存の仕組が足かせとなり、必要な変化への対応が十分でないと報告されている。

Society5.0の実現による更なる経済成長や生産性の向上に向けて、社会全体のデジタル化が不可欠とされる。政府もデジタル庁の設置に代表されるように、デジタル・トランスフォーメーション (DX) を推進している。DXにより、本来の業務が効率化される恩恵は大きい。本講義では、医療を例に社会におけるDXの現状・課題・解決の方向性について議論を深めることを目指す。

### データの二次利用実践論

Society5.0の実現による更なる経済成長や生産性の向上に向けて、社会全体のデジタル化が不可欠とされる。政府もデジタル庁の設置に代表されるように、デジタル・トランスフォーメーション (DX) を推進している。DXの恩恵として蓄積されるデータの二次活用は、さらに大きな可能性が広がっている。本講義では、医療を例に社会におけるデータの活用の現状・課題・解決の方向性について議論を深めることを目指す。

### データ科学セミナー

本講義では、統計モデリング、データ解析や機械学習の理論、方法論、応用など、データ科学に関連する研究課題を幅広く取り上げる。関連する学術分野における最先端の研究成果およびそれらの基礎、方法論について講述するとともに、データ科学研究の今後の展望を議論する。本講義では、受講者によるプレゼンテーションが求められる。

## 統計的信号処理論

信号処理は生の観測データから役に立つ情報を抽出するための理論的な枠組みである。観測データから興味のある未知ベクトルを推定する問題を中心に、線形観測モデルの逆問題を考えるアプローチやベイズ統計に基づく確率推論のアプローチなどについて、その理論的な背景から実際のアルゴリズムまで解説する。具体的には、最小二乗法や最小平均二乗誤差推定、適応信号処理、アレイ信号処理、圧縮センシング、カルマンフィルタ、粒子フィルタ、確率伝播法などのテーマについて関連事項を説明する。

## 計算論的学習理論

現代の日常生活に強く影響を与えている機械学習について、離散データからの機械学習に焦点をあてて講述する。ニューラルネットワークを用いた機械学習は実数値のベクトルデータには適しているが、離散構造データには必ずしも適していないため、ニューラルネットワークを用いない機械学習メカニズムを扱う。最初に機械学習を形式的・数学的に扱うために必要な要素を導入し、極限同定モデルにおける文字列データからの機械学習として、文字列パターンと有限状態オートマトンを対象とした機械学習手続きを講述する。さらに木構造データを対象とした機械学習を扱う。次に、頻出パターン発見モデルにおける固定長のビットベクトルからの機械学習であるアイテム集合マイニングとその発展である閉アイテム集合マイニングを取上げる。さらに、文字列データからの頻出部分列マイニング、木構造データからの頻出部分木マイニングを取上げる。最後に最新的话题を提供する。最後にビットベクトルを対象としブール関数を用いる機械学習として PAC 学習と関連する話題を取り扱う。

## 統計的学習理論

あらゆる種類のデータを解析する際の基礎となる統計的なデータ解析の基礎となる統計的学習理論について基礎的な事項から応用までを幅広く論じる。特に教師付き学習や教師なし学習等の基本的な学習問題の設定と確率的近似学習やベイズ学習などの理論的枠組みを紹介した後、ロジスティック回帰、パーセプトロン、サポートベクターマシンなどの確率モデル やその推定アルゴリズムについても述べる。また、オンライン学習、転移学習、スパースモデリングなどの発展的なトピックも紹介する。

## 情報論的システム論

機械学習や人工知能の技術の基礎をなす、不確実性をともなう推論、学習などの問題に対して、確率論および統計科学にもとづいた数理的アプローチについて、特に高次元の確率論や統計学、情報理論などとの関連に重点をおいて講義する。

### **統計的システム論**

確率モデルを通してデータから推測、予測、決定を行うための統計的手法や、その数理的側面を解説する。特に、前半では情報量規準によるモデル選択やリサンプリング法について、後半ではバンディットアルゴリズムによる動的意思決定法について扱う。

### **データ科学特殊研究 1**

データ科学の各分野において研究遂行に必要な基礎事項の習得を図るとともに、各自の研究テーマに応じて演習、実験等を行う。

### **データ科学特殊研究 2**

各自の研究テーマに沿って学習の深化を図るとともに、修士論文の作成を目標として研究の評価、批判の方法を指導する。

## デザイン学科目

### インフォメーションデザイン論

情報学的観点から人工物や社会活動のデザインの方法論を講述し、受講生とともに議論する。

具体的には、情報や機能を理解しやすく受け入れやすい形にするための、ことばや表現のデザイン、インタラクションのデザイン、ビジネスのデザイン、発想のデザイン、議論のデザイン、情報の理解と信頼性などについて学ぶ。

### 問題発見型/解決型学習(FBL/PBL) 1・2

FBL (Field based Learning)を通して、与えられた実世界の状況から解決すべき問題を発見するプロセスをチームで体験することで、デザインの実践を行い、デザイン理論とデザイン手法の習得を行う。また、PBL (Problem based Learning)を通して、与えられた実問題をチームで解決するプロセスを体験することで、デザインの実践を行い、デザイン理論とデザイン手法の習得を行う。

## プラットフォーム学科目

### プラットフォーム学セミナー

情報通信 (ICT) 技術を利用した“プラットフォーム”に関連するテーマについて、社会情報および農学、医学、防災等の現場領域利活用の観点からプラットフォーム利用の実際、利活用に関する最新研究動向、プラットフォーム利用企業のケーススタディを行う。また、社会に遍在する各種情報を情報通信デバイスによりクラウドに収集し、そのデータを処理し、利活用する実習も行う。



## 情報学研究科が開設するその他の科目

### 計算科学演習 B

比較的簡単で背景となる数学的かつ工学的知識を受講者が共通に持つ具体的な大規模な科学技術計算の課題について、履修生が C 言語、または FORTRAN を選択して、自ら並列計算プログラムを作成し、スーパーコンピュータにおける実行データを分析する。課題としては、例えば、拡散方程式の陽的差分法に関する並列計算がある。本科目は、計算科学に関する教育研究を行う全ての研究科に所属する大学院学生が受講しやすいよう夏期休業中の集中講義科目として実施する。

- (1) スパコン・並列計算に関する概論
- (2) 逐次アルゴリズムについての課題プログラム解説
- (3) 逐次計算プログラム作成演習
- (4) 共有メモリ並列プログラミング (OpenMP)
- (5) 分散メモリ並列プログラミング (MPI)

### ビッグデータの計算科学 (本年度開講せず)

近年のコンピュータの進歩や情報基盤技術の整備に伴って、クラウドコンピューティングなどのインターネットを介して行われる社会活動から生成されるデータの量、あるいは、計算科学の重要な技法であるコンピュータシミュレーションを通じて得られるデータの量は、日々増加の一途をたどっている。それらのビッグデータを扱う手法を学ぶことがこの科目の目的である。特に、大規模疎行列の固有値・特異値分解を利用するデータ解析手法、ビッグデータに対する最適化手法、ビッグデータの可視化手法について講述する。

### 情報セキュリティ

IT 化とネットワーク化が進行し、企業活動・学術活動に不可欠になった現代においては、それらの技術に潜む脆弱性によって社会に新たな危険性を生じさせる結果となっている。本講義では、インターネットおよび組織内ネットワークを利用する際に知っておくべき地知識、たとえば、安全性確保、攻撃からの防御、消されたデータの復旧、法制度などについて、利用者の視線に立ちながらも最新技術を交えて講述する。

## ビジネスにおける情報学の実践

IT があらゆる産業において不可欠となり、デジタルトランスフォーメーション(DX)がビジネスで競争の鍵となってきている。本講義では、企業経営における IT の意義を学んだ上で、経営戦略に基づく IT 戦略の立案を事例研究を通じて理解を深める。さらに企業における DX(デジタル・トランスフォーメーション)について、いくつかの業種で踏み込んで学び、演習を通じて実践力を習得する。本科日は、「情報学ビジネス実践講座」における大学院生向け科目の総まとめとして、企業経営における IT について実践的に学ぶ。

情報や IT は、あらゆる研究領域、職業において求められるものであり、本講義も専攻を問わず幅広い受講生を対象とする。そして各受講生が自身の専攻分野との繋がりを意識して学ぶことで、本講義は今後の社会で活躍する際に大いに役立つことが期待される。

## 人工知能特論

今や翻訳ツールや画像認識など、日常生活においても特別な存在ではなくなった「人工知能」は、これからも更なる発展が予想され、今後の企業の競争力において非常に重要な役割を担うと考えられている。一方で、人類は未だ「知性」や「知能」に対して明確な定義を持っておらず、「人工知能」という言葉の定義は現在も曖昧さを含んでいる。そこで、本講義では人工知能誕生の歴史的背景から現在の進化を時系列で整理した上で、認識、分析、制御の3つの観点から技術面・応用面を含め体系的に捉え、さらには「人工知能」の将来についての展望を講述する。

## デザイン思考実践

システムやソフトウェアの開発プロセスを分解すると、次のように分けられる。

- A. 問題点やニーズを見つけ出し、それへの解決策を練ること
- B. その解決策をシステムやソフトウェアに実装できるよう定義すること

このうちAを実践する有力なツールに「デザイン思考」がある。また、Bのプロセスは専門的には「業務要件定義」と呼ばれ、現場の要求を正確にプログラマーに伝える重要なやり取りである。なお実際にはこの後に、プログラミングしてそれを実現することが続く。本科目では、このAにあたる「デザイン思考」を講義と演習によって習得する。

「デザイン思考」は社会にイノベーションを起こす一つの有効な手段として、近年注目されるようになった課題解決アプローチである。目まぐるしく変化する現代社会において、顧客の思考やユーザーの要望を実現させる上で、真意を正確に把握することは決して簡単ではない。本講義ではデザイン思考を大きく「課題の発見」と「課題の解決」に分けて、そのプロセスについて学ぶ。これにより、あらゆる問題に対して臆することなく、真の課題の発見と解決ができるスキルを習得する。

## 業務要件定義実践（経営管理大学院では「ユーザー視点のシステム設計実践」）

システムやソフトウェアの開発プロセスを分解すると、次のように分けられる。

- A. 問題点やニーズを見つけ出し、それへの解決策を練ること
- B. その解決策をシステムやソフトウェアに実装できるよう定義すること

このうちAを実践する有力なツールに「デザイン思考」がある。また、Bのプロセスは専門的には「業務要件定義」と呼ばれ、現場の要求を正確にプログラマーに伝える重要なやり取りである。なお実際にはこの後に、プログラミングしてそれを実現することが続く。本科目では、このBにあたる「業務要件定義」を「ユーザー視点のシステム設計実践」としてとらえ、講義と演習によって習得する。

システムやソフトウェアの開発において、実装すべき機能や満たすべき性能を明確にしていく「要件定義」は、その重要性からプロジェクトの成否の鍵を握るといっても過言ではない。業務要件定義は、まずもってシステム、ソフトウェアによって何の問題を解決したいかという問いを定義する活動である。本講義ではまず、ウォーターフォール型/アジャイル型、それぞれの業務要件定義を、開発手法ごとの考え方、進め方の違い、長短所・特徴を理解・習得することを目的とする。さらに特にアジャイル型におけるシステム開発に携わる、ユーザー側、システム開発者側それぞれの視点を体感しながら、業務要件定義の重要性、陥りがちな罠、押さえるべきポイントについて、ケーススタディを通して習得する。

## ビジネスデータ分析実践

全てのものがインターネットと繋がり、データドリブンで社会課題が解決される世の中が到来しようとしている。そのような環境のなか、世の中にあふれるデータをどのように扱い、その中からいかに価値のある解決策を導きだせるかがこれからの社会において非常に重要となってくる。本講義では、データ分析について、その手法の修得にとどまらず、ビジネスにおいてどのようにデータを利活用すべきか、与えられた課題をデータ分析結果を用いていかに課題解決まで導くかを、一連の流れを実践形式で学習する。

## 先端技術利活用実践（経営管理大学院では「AI 技術利活用実践」）

世界がデジタル化に向けてスピードを加速させていく中で、AIを代表とする先端技術も凄まじいスピードで進化を遂げている。このような世界において、いかに新しい技術に触れ、それを使いこなしていくかは、これからのビジネスパーソンにとって重要な要素である。そこで本講義では、AIのような新しい技術をいかにビジネスに活用していくかを、手法や意識しておくべきマインドセットと共に実践形式で学びながら習得する。また、それと同時に、先端技術の動向について、現在のトレンドと今後の展望を掴む。

## 令和6年度博士後期課程科目表・科目内容説明

知能情報学コース	64
社会情報学コース	66
先端数理科学コース	70
数理工学コース	72
システム科学コース	73
通信情報システムコース	74
データ科学コース	76
デザイン学科目	77
プラットフォーム学科目	78

令和4年10月以前の入学者については、所属専攻と同名のコースページを確認すること。

### 凡 例

1. 科目担当教員及び配当期は年度途中において一部変更されることがある。
2. 特別セミナー科目は必要に応じて日本語または英語で実施される。
3. 各コースのセミナー科目で前期科目（末尾がA）・後期科目（末尾がB）として開講しているものは、必要に応じて指導教員が、前期に後期科目（末尾がB）、後期に前期科目（末尾がA）として認定する場合がある。

### 修了要件

- ・博士論文：必須
  - ・博士後期課程において開設する当該授業科目を6単位以上取得し、かつ、必要な研究指導を受けた上、博士論文の審査及び試験に合格すること。
- (注)「6単位以上」とは、自コース科目（セミナー）4単位を含め、本研究科科目6単位以上をいう。

## 知能情報学コース

授業科目名	担当教員	毎週時数		単位	備考
		前	後		
知能情報学特別セミナー	神谷・熊田・西田・山本(章)・ 鹿島・谷口・黒橋・河原・西野・ 阿久津・森(信)・中村			2	必修・ 集中
脳認知科学特別セミナーA	神谷・熊田・西田・中島	(2)		2	
脳認知科学特別セミナーB	神谷・熊田・西田・中島		(2)	2	
認知システム特別セミナーA	鹿島・山本(章)・谷口・竹内	(2)		2	
認知システム特別セミナーB	鹿島・山本(章)・谷口・竹内		(2)	2	
知能メディア特別セミナーA	黒橋・河原・西野・櫻田	(2)		2	
知能メディア特別セミナーB	黒橋・河原・西野・櫻田		(2)	2	
メディア応用特別セミナーA	森(信)・中村・近藤	(2)		2	
メディア応用特別セミナーB	森(信)・中村・近藤		(2)	2	
生命システム情報学特別セミナーA	阿久津・田村	(2)		2	
生命システム情報学特別セミナーB	阿久津・田村		(2)	2	

### 知能情報学特別セミナー

人間の情報処理機構およびそれを基にした高度な知能情報処理の各分野において、最先端の話題をとりあげて、専門分野にとらわれない幅広い視点から解説・討論を行う。

### 脳認知科学特別セミナーA, B

生体認知情報学の諸問題についてさまざまな視点から議論する。

### 認知システム特別セミナーA, B

認知システムに関する最先端の話題について、世界及び日本の研究状況を学ぶ。

### 知能メディア特別セミナーA, B

知能メディアシステムのモデル化と構成法についてさまざまな視点から議論する。

### メディア応用特別セミナーA, B

画像・映像・音声などのマルチメディアの認識・理解、生成、編集機能を有機的に結合するためのシステム構成法及び、それを用いた柔軟なヒューマン・インタフェース、コミュニケーションの実現法について講述する。

### 生命システム情報学特別セミナーA, B

生命情報学分野における最先端の話題について、世界及び日本の研究状況を学ぶ。

★令和4年度10月以前の入学者★

専攻の修了要件は、入学時点のものである。

知能情報学専攻所属の学生は、下記の科目から履修すること。前表の科目は知能情報学コース（令和5年度以降入学）の科目であるため、知能情報学専攻の学生は履修できない。

授業科目名	担当教員	毎週時数		単位	備考
		前	後		
知能情報学特別セミナー	神谷・熊田・西田・山本(章)・ 鹿島・黒橋・河原・西野・ 阿久津・岡部・森(信)・中村	(2)	(2)	4	通年
脳認知科学特別セミナー	神谷・熊田・西田・中島	(2)		2	前期・ 後期 同内容
脳認知科学特別セミナー	神谷・熊田・西田・中島		(2)	2	
認知システム特別セミナー	鹿島・山本(章)	(2)		2	前期・ 後期 同内容
認知システム特別セミナー	鹿島・山本(章)		(2)	2	
知能メディア特別セミナー	黒橋・河原・西野・吉井・延原	(2)		2	前期・ 後期 同内容
知能メディア特別セミナー	黒橋・河原・西野・吉井・延原		(2)	2	
メディア応用特別セミナー	岡部・森(信)・中村・近藤	(2)		2	前期・ 後期 同内容
メディア応用特別セミナー	岡部・森(信)・中村・近藤		(2)	2	
生命システム情報学特別セミナー	阿久津・田村	(2)		2	前期・ 後期 同内容
生命システム情報学特別セミナー	阿久津・田村		(2)	2	

## 社会情報学コース

授業科目名	担当教員	毎週時数		単位	備考
		前	後		
社会情報学特別セミナー	神田・伊藤・大手・土居・田島・多々納・黒田・矢守・畑山・緒方・首藤			2	必修・集中
社会情報モデル特別セミナーA	神田・田島・山下(直)	(2)		2	
社会情報モデル特別セミナーB	神田・田島・山下(直)		(2)	2	
社会情報ネットワーク特別セミナーA	阿部・神田・伊藤	(2)		2	
社会情報ネットワーク特別セミナーB	阿部・神田・伊藤		(2)	2	
生物圏情報学特別セミナーA	大手・小山・土居	(2)		2	
生物圏情報学特別セミナーB	大手・小山・土居		(2)	2	
地域・防災情報システム学特別セミナーA	多々納・矢守・畑山	(2)		2	
地域・防災情報システム学特別セミナーB	多々納・矢守・畑山		(2)	2	
医療情報学特別セミナーA	黒田	(2)		2	
医療情報学特別セミナーB	黒田		(2)	2	
社会情報解析基盤特別セミナーA	緒方・首藤	(2)		2	
社会情報解析基盤特別セミナーB	緒方・首藤		(2)	2	

### 社会情報学特別セミナー（日本語・英語セミナー）

現実社会の情報システムや諸問題を情報学の視点からモデル化するために必要な各種情報収集技法に関して、最先端の話題をとりあげて、専門分野にとられない幅広い視点から解説・討論を行う。

### **社会情報モデル特別セミナーA, B (日本語・英語セミナー)**

電子文書処理、Web 情報検索、データマイニング、コンテンツアーカイブ、権利処理・データベース処理、ヒューマンインタフェース、ソーシャルコンピューティングといった個々の技術から電子政府、デジタルライブラリ、電子商取引、eラーニング、など社会基盤となる情報システムに対する技術的要求を整理し、そのためのシステム構成技術について学ぶ。

### **社会情報ネットワーク特別セミナーA, B (日本語・英語セミナー)**

計算組織論、計算経済論など計算機科学と社会科学の接点における基礎理論と社会情報ネットワークの応用システムの最先端のトピックスを講義する。

### **生物圏情報学特別セミナーA, B (日本語・英語セミナー)**

生物圏を多様な生物と環境が関連する複雑システムととらえ、各種の情報ネットワークを用い、森林から海洋までを統合的に把握する観点で、地球環境や食糧などの生物資源に関するトピックスについて論じる。

### **地域・防災情報システム学特別セミナーA, B**

危機管理としての防災の観点から、被害抑止及び災害発生後の効果的な対応を目的として、人間行動や組織の特性に即した災害情報システムの最先端のトピックスを論じる。

### **医療情報学特別セミナーA, B (日本語・英語セミナー)**

医療情報分野の最新の状況について教授した後、演習を行ってこの分野の体系を修得し認識を深めさせる。

### **社会情報解析基盤特別セミナーA, B**

人工知能や情報検索技術、ネットワーク技術を用いた教育・学習支援情報システムの設計方法や開発方法、評価方法を講述し、教育データの分析などの最近の研究動向を紹介する。また、インターネット、多数のコンピュータからなる分散システム、大規模データの処理に関する先端のトピックをとりあげて討論する。



★令和4年度10月以前の入学者★

専攻の修了要件は、入学時点のものである。

社会情報学専攻開設科目を未修得の場合は、社会情報学コース開設の当該科目を履修すること。ただし、下表の通り科目名変更、科目の分割があったため、旧科目を未修得の場合は新科目を履修すること。科目の分割があったものについては、新科目 A,B の2科目を履修すること。なお、旧科目を修得済みの場合は、新科目を履修しても修了に必要な単位とならない。(増加単位)

・科目の分割および科目名変更

令和3年度以前			令和4年度	令和5年度以降		
旧科目名	開講期	単位数	旧科目名	新科目名	開講期	単位数
情報教育学特別セミナー	通年	4	情報教育学特別セミナーA	社会情報解析基盤特別セミナーA	前	2
			情報教育学特別セミナーB	社会情報解析基盤特別セミナー	後	2

・科目の分割

令和3年度以前			令和4年度以降		
旧科目名	開講期	単位数	新科目名	開講期	単位数
社会情報モデル特別セミナー	通年	4	社会情報モデル特別セミナーA	前	2
			社会情報モデル特別セミナーB	後	2
地域・防災情報システム学特別セミナー	通年	4	地域・防災情報システム学特別セミナーA	前	2
			地域・防災情報システム学特別セミナーB	後	2



## 先端数理科学コース

授 業 科 目 名	担 当 教 員	毎週時数		単 位	備 考
		前	後		
数理科学特別セミナー	木上・青柳・田口・高田・坂上(科目責任者:コース長)			2	必修・集中
応用解析学特別セミナーA	木上・藤原・白石	(2)		2	
応用解析学特別セミナーB	木上・藤原・白石		(2)	2	
非線形物理学特別セミナーA	青柳・寺前	(2)		2	
非線形物理学特別セミナーB	青柳・寺前		(2)	2	
応用数理学特別セミナーA	田口・辻	(2)		2	
応用数理学特別セミナーB	田口・辻		(2)	2	

●本コース科目は、原則として、本コースの学生以外の履修を許可しない。

### 数理科学特別セミナー Seminar on Mathematical Sciences, Advanced

各自の研究テーマに沿って研究状況の報告や研究成果の発表を行ない、博士学位論文作成をめざして複数の教員が多角的な視点から助言を与える。特に他研究科の教員も指導に参加し、学問の広がりを含養するように配慮する。

### 応用解析学特別セミナーA,B Seminar on Applied Analysis, Advanced A,B

微分方程式の順問題・逆問題・非適切問題の解析、非線形問題の数学解析、確率論、及びフラクタル上の解析等について、指導教員を中心としたグループ毎に、最近の内外の論文の輪講と討論、並びに各自の研究経過報告等を行ない、研究テーマに関する知見を高める。

### 非線形物理学特別セミナーA,B Seminar on Nonlinear Physics, Advanced A,B

非線形力学系、大自由度力学系の複雑挙動、自己組織化等について指導教員を中心としたグループ毎に、最近の内外の論文の輪講と討論、並びに各自の研究経過報告等を行ない、研究テーマに関する知見を高める。

### 応用数理学特別セミナーA,B Seminar on Applied Mathematical Sciences, Advanced A,B

応用数理学、計算力学、流体力学等について、指導教員を中心としたグループ毎に、最近の内外の論文の輪講と討論、ならびに各自の研究経過報告等を行ない、研究テーマに関する知見を高める。

★令和4年度10月以前の入学者★

専攻の修了要件は、入学時点のものである。

先端数理科学専攻開設科目を未修得の場合は、先端数理科学コース開設の当該科目を履修すること。

## 数理工学コース

授 業 科 目 名	担 当 教 員	毎 週 時 数		単 位	備 考
		前	後		
数理工学特別セミナーA	山下・梅野・矢ヶ崎・野中	(2)		2	
数理工学特別セミナーB	山下・梅野・矢ヶ崎・野中		(2)	2	
応用数学特別セミナー	辻本・原口		(2)	2	
システム数理特別セミナー	野中・山下・加嶋・高橋・福田		(2)	2	
数理物理学特別セミナー	梅野・矢ヶ崎・柴山	(2)		2	

### 数理工学特別セミナーA, B

大規模システムの研究のための数理科学の諸分野から、最先端の話題をとりあげ、企業研究所や海外研究機関等へのインターンシップを含む専門分野を横断する幅広い視野での学修を通じた解説・討論を行う。

### 応用数学特別セミナー

応用数学の最先端の話題について、世界及び日本の研究状況を学ぶ。

### システム数理特別セミナー

システム数理における最先端の話題について、世界及び日本の研究状況を学ぶ。

### 数理物理学特別セミナー

数理物理学分野における最先端の話題について、世界及び日本の研究状況を学ぶ。

### ★令和4年度10月以前の入学者★

専攻の修了要件は、入学時点のものである。

数理工学専攻開設科目を未修得の場合は、数理工学コース開設の当該科目を履修すること。

## システム科学コース

授業科目名	担当教員	毎週時数		単位	備考
		前	後		
システム科学特別セミナー	東・加納・大塚・田中・下平・森本・石井			2	
人間機械共生系特別セミナーA	東・加納・大塚・西原	(2)		2	
人間機械共生系特別セミナーB	東・加納・大塚・西原		(2)	2	
システム構成論特別セミナーA	田中・下平・小淵・本多	(2)		2	
システム構成論特別セミナーB	田中・下平・小淵・本多		(2)	2	
システム情報論特別セミナーA	森本・石井・島崎・雨森	(2)		2	
システム情報論特別セミナーB	森本・石井・島崎・雨森		(2)	2	

### システム科学特別セミナー

システム科学の各分野にわたって最先端の話題をとりあげて、専門分野にとらわれない幅広い視点から解説・討論を行う。

### 人間機械共生系特別セミナーA,B

人間機械共生系における最先端の話題について、世界及び日本の研究状況を学ぶ。

### システム構成論特別セミナーA,B

システム構成論における最先端の話題について、世界及び日本の研究状況を学ぶ。

### システム情報論特別セミナーA,B

システム情報論における最先端の話題について、世界及び日本の研究状況を学ぶ。

### ★令和4年度10月以前の入学者★

専攻の修了要件は、入学時点のものである。

システム科学専攻開設科目を未修得の場合は、システム科学コース開設の当該科目を履修すること。また、応用情報学特別学セミナーA, Bをコース開設科目とみなす。

## 通信情報システムコース

授業科目名	担当教員	毎週時数		単位	備考
		前	後		
通信情報システム特別セミナーA	湊・五十嵐・原田(博)・大木・佐藤(高)・新津・橋本・山本(衛)・橋口岩下・岡部	(1)		1	
通信情報システム特別セミナーB	湊・五十嵐・原田(博)・大木・佐藤(高)・新津・橋本・山本(衛)・橋口岩下・岡部		(1)	1	
コンピュータ工学特別セミナーA	湊・五十嵐・川原・Jansson・末永	(2)		2	
コンピュータ工学特別セミナーB	湊・五十嵐・川原・Jansson・末永		(2)	2	
通信システム工学特別セミナーA	原田(博)・大木・佐藤(丈)・水谷	(2)		2	
通信システム工学特別セミナーB	原田(博)・大木・佐藤(丈)・水谷		(2)	2	
集積システム工学特別セミナーA	佐藤(高)・新津・橋本・栗野	(2)		2	
集積システム工学特別セミナーB	佐藤(高)・新津・橋本・栗野		(2)	2	
地球電波工学特別セミナーA	山本(衛)・橋口・横山・西村	(2)		2	
地球電波工学特別セミナーB	山本(衛)・橋口・横山・西村		(2)	2	
情報通信基盤特別セミナーA	岩下・岡部・深沢	(2)		2	
情報通信基盤特別セミナーB	岩下・岡部・深沢		(2)	2	

### 通信情報システム特別セミナーA, B

情報化社会を支える基盤技術である計算機のハードウェアやソフトウェア、さらには情報通信技術に関して、最新的话题をとりあげて、専門分野にとらわれない幅広い視点から解説・討論を行う。

### コンピュータ工学特別セミナーA, B

超高速計算を可能にする計算機構成やアルゴリズム、プログラミング言語処理系などの基本ソフトウェア等、コンピュータ工学に関する最新的话题をセミナー形式で講述する。

### 通信システム工学特別セミナーA, B

劣悪な無線通信環境下における高信頼度情報伝送方式や、有線/無線など各種の情報通信ネットワーク構成方式の現状と問題点、将来動向について、関連論文を調査精読しながら講述する。

### 集積システム工学特別セミナーA, B

デジタルおよびアナログ LSI (大規模集積回路) の方式・回路設計技術、CAD 技術、信号処理技術などの分野で、与えられたテーマに関係する論文を調査精読し、当該技術の現状と問題点、将来動向についてレポートする。

### **地球電波工学特別セミナーA, B**

大気レーダー、GPS 衛星利用の大気計測、衛星からの放射計測など、電波あるいは光を用いた様々なリモートセンシング技術が地球大気の研究に利用されている。このセミナーでは、高度な観測手法、最新の信号処理の技法から、先進の観測結果をもとにした科学成果まで、地球電波工学に関する最新的话题を幅広くセミナー形式で講述する。

### **情報通信基盤特別セミナーA, B**

スーパーコンピュータを利用した高性能計算技術やインターネット技術などに関する最新の研究をとりあげて、その理論、実装など様々な角度から討論し、講述する

#### **★令和4年度10月以前の入学者★**

専攻の修了要件は、入学時点のものである。  
通信情報システム専攻開設科目を未修得の場合は、通信情報システムコース開設の当該科目を履修すること。



## データ科学コース

授 業 科 目 名	担 当 教 員	毎 週 時 数		単 位	備 考
		前	後		
データ科学特別セミナー	下平・原・田中・林・山本・鹿島・田村			2	集中
統計モデリング特別セミナーA	下平・原・本多	(2)		2	
統計モデリング特別セミナーB	下平・原・本多		(2)	2	
機械学習特別セミナーA	田中・林・小渕	(2)		2	
機械学習特別セミナーB	田中・林・小渕		(2)	2	
応用データ科学特別セミナーA	山本・鹿島・田村・竹内	(2)		2	
応用データ科学特別セミナーB	山本・鹿島・田村・竹内		(2)	2	

### データ科学特別セミナー

データ科学の諸分野から最先端の話題を取り上げ、分野横断的な幅広い視点から解説・討論をおこなう。

### 統計モデリング特別セミナーA, B

統計モデリングに関する最先端の話題について、内外の研究状況を調査、討論し知見を深める。

### 機械学習特別セミナーA, B

機械学習に関する最先端の話題について、内外の研究状況を調査、討論し知見を深める。

### 応用データ科学特別セミナーA, B

応用データ科学に関する最先端の話題について、内外の研究状況を調査、討論し知見を深める。

## デザイン学科目

(博士論文研究基礎力審査 (QE) 合格後に履修すること)

情報学研究科の学生は、下表の科目を履修しても博士後期課程の修了に必要な単位として算入されない。

授業科目名	担当教員	毎週時数		単位	備考
		前	後		
オープンイノベーション実習 1	プログラム担当教員			2	デザイン学科目 (通年集中)
オープンイノベーション実習 2	プログラム担当教員			2	デザイン学科目 (通年集中) オープンイノベーション実習1取得後に履修
フィールドインターンシップ	プログラム担当教員			2	デザイン学科目 (通年集中)
リサーチインターンシップ	プログラム担当教員			2	デザイン学科目 (通年集中)

### オープンイノベーション実習 1 Open innovation practice 1

社会の実問題を発見し解決するデザイン活動のために、関係する専門家あるいはステークホルダーに依頼し、オープンイノベーションのためのチームを構成し、ワークショップを連続的に実施することで目標を達成する。履修者の役割は、専門家として問題解決や問題発見に参加することではなく、あくまでも、上記のオープンイノベーションのためのチームを構成しマネジメントすることである。これによって、履修者のコミュニケーション能力、マネジメント能力を鍛えるとともに、実践を通じてデザイン活動を成功に導くためのデザイン理論やデザイン手法の基礎を身に付ける。

### オープンイノベーション実習 2 Open innovation practice 2

社会の実問題を発見し解決するデザイン活動のために、関係する専門家あるいはステークホルダーに依頼し、オープンイノベーションのためのチームを構成し、ワークショップを連続的に実施することで目標を達成する。オープンイノベーション実習 1 で学んだデザイン理論・デザイン手法を発展させ、履修者のコミュニケーション能力、マネジメント能力を一層向上させるとともに、実践を通じてデザイン活動を成功に導くためのデザイン理論やデザイン手法をより深く学ぶ。

### フィールドインターンシップ Field internship

複数の専門領域に関わる国際的・社会的課題に対して、履修者がグループを形成して国内外を問わずフィールドに滞在し、グループ活動を通じてリーダーシップを養成する。本インターンシップでは、履修者は初めて状況を理解するフィールドにおいて、取得した情報を適切に構造化し、解決可能な問題として定義するとともに、限られた時間内で現場のステークホルダーや異なる専門領域のメンバーと円滑にコミュニケーションを取り実現可能な解決策を立案する。

### リサーチインターンシップ Research internship

リサーチインターンシップでは、国内外の研究機関の研究室に滞在し、現地研究員との共同研究の計画と実施を通じて、デザイン学の視点から既存の学術分野を横断する境界領域において真理を探究でき、新しい研究分野において研究チームを組織してリードできる能力の涵養を目指す。事前に研究計画書を提出し、関係教員の事前審査を受けた上でインターンシップを実施する。

## プラットフォーム学科目

情報学研究科の学生は、下表の科目を履修しても修了に必要な単位として算入されない。

授業科目名	担当教員	毎週時数		単位	備考
		前	後		
プラットフォーム学特別セミナー1	プログラム担当教員		2	2	プラットフォーム学科目
プラットフォーム学特別セミナー2	プログラム担当教員	2		2	プラットフォーム学科目

### プラットフォーム学特別セミナー1

情報通信（ICT）技術を利用した“プラットフォーム”に関連するテーマについて、プラットフォームの開発戦略、プラットフォームを用いたビジネスモデル、農業、医療、防災関連等の実データの利活用法に関して、最新的话题を取り上げて専門分野にとらわれない幅広い視点から解説・討論を行う。

### プラットフォーム学特別セミナー2

情報通信（ICT）技術を利用した“プラットフォーム”に関連するテーマについて、プラットフォームの社会展開、国際展開に必要な基礎学術に関して、最新的话题を取り上げて専門分野にとらわれない幅広い視点から解説・討論を行う。

## （博士後期課程）情報学研究科が開設するその他の科目

情報学研究科の学生は、下表の科目を履修しても修了に必要な単位として算入されない。

授業科目名	担当教員	毎週時数		単位	備考
		前	後		
情報学における長期インターンシップ	研究科長			(2)	実習科目（120時間以上単位認定）