

# 数 理 科 学 科

## ■ 数学基礎

### 250001 微分積分学 I

#### 【到達目標】

- ・ 初等関数の定義と性質（定義域、値域、増減など）について正確に理解する。
- ・ 関数の微分係数と導関数について意味を正確に理解し、計算法に習熟する。
- ・ 関数の不定積分について定義を正確に理解して種々の計算法に習熟する。
- ・ 微分や不定積分を種々の具体的な問題に適用できるような応用力を身につける。

**【概要】** 微分積分学の基本事項について講義する。多項式、有理関数、無理関数、指数関数、対数関数、三角関数、逆三角関数などの初等関数を中心とした1変数関数の微分と積分について体系的かつ確実に理解して応用力を身につけることを目標とする。特に、初等関数の正確な定義とその性質、微分と不定積分の概念とその計算法、微分積分学の種々の曲線や物体の運動などへの応用について基礎からていねいに解説する。本科目は微分積分学の導入授業であり、今後の数学、自然科学、情報学の学習のための基礎となるものである。

### 250002 微分積分学 II

#### 【到達目標】

- ・ 定積分の定義とその性質について正確に理解する。
- ・ 定積分の種々の計算法に習熟する。
- ・ テイラー展開の考え方について正確に理解する。
- ・ 種々の関数のテイラー展開の計算法を身につける。
- ・ 定積分やテイラー展開を種々の具体的な問題に適用できるような応用力を身につける。

**【概要】** 「微分積分学 I」に引き続き微分積分学の基本事項について講義し、2年次以降の数学、情報学、自然科学の学習で必要になる微分積分学の基礎学力を養成することを目標とする。「微分積分学 I」における初等関数の微積分についての基本的な理解をもとに、1変数関数の微積分とその応用についてさらに深く学ぶ。たとえば微分の平均値の定理の拡張としてのテイラーの定理や、区分求積法などについて詳しく学習する。その過程で関数の近似と微分積分学の深い関連について理解を深める。

### 250003 微分積分学演習 I

#### 【到達目標】

- ・ 演習により初等関数の定義と性質（定義域、値域、増減など）について正確な理解力を身につける。
- ・ 演習により関数の微分係数と導関数について意味を正確に理解し、計算法を身につける。

- ・演習により関数の不定積分について定義を正確に理解して種々の計算法を身につける。
- ・演習により微分や不定積分を種々の具体的な問題に適用できるような応用力を身につける。

**【概要】** 「微分積分学Ⅰ」の講義内容および関連した話題に関する問題演習を行い、微分積分学の基礎事項に習熟すると共に、計算力を養うことを目標とする。各自が自力で演習問題を解くことによって、初等関数の微分積分に対する理解を確実なものにし、正確に計算が行えるようになることをめざす。「微分積分学Ⅰ」の講義では微分積分学の体系的な理解が主眼であるが、ここではその理解を確実にするための基本的な問題演習と、講義では十分に触れられない微分積分の種々の応用に関する問題演習を交えて行う。

#### 250004 微分積分学演習Ⅱ

##### 【到達目標】

- ・演習により定積分の定義とその性質について正確に理解する。
- ・演習により定積分の種々の計算法に習熟する。
- ・演習によりテイラー展開の考え方について正確に理解する。
- ・演習により種々の関数のテイラー展開の計算法に習熟する。
- ・演習により定積分やテイラー展開を種々の具体的な問題に適用できるような応用力を身につける。

**【概要】** 「微分積分学Ⅱ」の講義内容および関連した話題に関する問題演習を行い、微分積分学についての理解を深めると共に、応用力を養うことを目標とする。各自が自力で演習問題を解くことによって、微分積分学の発展的な内容についての理解を確実なものにし、正確に計算が行えるようになることをめざす。「微分積分学Ⅱ」の講義では微分積分学の体系的な理解が主眼であるが、ここではその理解を確実にするための基本的な問題演習と、講義では十分に触れられない微分積分の種々の応用に関する問題演習を交えて行う。

#### 250005 線形代数学Ⅰ

##### 【到達目標】

- ・行列の和・スカラー倍・積を理解する。
- ・行列の基本変形を用いた連立一次方程式の解法を理解する。
- ・多重線形性・交代性を用いた行列式の計算法を理解する。

**【概要】** 線形代数学の基本事項のうち、連立一次方程式や行列式など、計算が求められる部分に対して、その解法に対する理解と計算力の育成を目標とする。行列の和・スカラー倍・積や転置などの基本的な演算を学ぶ。高校までに学んだ数とは異なり、積が可換とは限らないことなどに注意を促す。行列の基本変形や行列式の計算などの技法を解説し、行列を用いた連立一次方程式の解法や、逆行列の計算方法を学ぶ。平面及び空間の幾何ベクトルに対する復習も行い、行列式と体積の関係など、その幾何学的解釈も示す。

## 250006 線形代数学Ⅱ

### 【到達目標】

- ・種々の例を通じて一次独立の概念を理解する。
- ・ベクトル空間の基底と次元の概念を理解する。
- ・線形写像の概念を理解する。
- ・行列の対角化判定定理について知る。

**【概要】** 線形代数の基本事項のうち、ベクトル空間と線形写像という抽象的概念に馴染みを深め、その応用として行列を対角化する方法を理解することを目標とする。幾何ベクトルを全体として考えることの重要性を強調して、ベクトル空間という概念を導入し、一次独立性や基底、次元の概念について解説する。また、数ベクトル空間上の線形変換が行列による積で表現されることから行列の意味を示す。行列の対角化判定定理を解説し、対角化の実践方法に対する詳しい説明を与える。

## 250007 線形代数学演習Ⅰ

### 【到達目標】

- ・行列の和・スカラー倍・積を計算できる。
- ・行列の基本変形を用いて連立一次方程式が解ける。
- ・多重線形性・交代性を用いて行列式を計算できる。

**【概要】** 「線形代数学Ⅰ」の講義内容に対する補足説明及び問題演習を通じて、理解の定着と計算力を養うことを目標とする。目標達成のため、基本的な演習問題を与え、学生各自がそれを自力で解くことを求める。この訓練を通じて、連立一次方程式の解の構造を正しく把握し、行列の階数や行列式が正確に計算できるようになることを目指す。時には、基本レベルから多少進んだ演習問題を提出して、意欲ある学生が理解と応用力を向上させるための手助けとする。

## 250008 線形代数学演習Ⅱ

### 【到達目標】

- ・数ベクトルや多項式などの具体例について、一次独立性や基底かどうかの判定ができる。
- ・具体的な部分空間の次元が計算できる。
- ・写像が線形かどうか判定ができる。
- ・具体的な行列について、その固有値と固有ベクトルを計算できる。
- ・行列の対角化判定定理を用いて対角化ができる。

**【概要】** 「線形代数学Ⅱ」の講義内容に対する補足説明（特に実例）及び問題演習を通じて、抽象概念に対する理解と計算力を養うことを目標とする。目標達成のため、学生各自に、定義を繰り返し述べること、定義に基づいた確認を自力で行うこと、行列の対角化に関しては演習問題として与えられた実例を解くことを求める。この訓練により、ベクトル空間

と線形変換、ベクトルの一次独立性、基底などの抽象概念を体得させる。対角化判定定理を用いた対角化の実践について十分に習熟させる。

## ■ 関連科目

### 250901 経済数学

#### 【到達目標】

- ・ 経済学で用いる基本的な数学を理解する。
- ・ 経済学を数学を使って理解するために必要な計算能力を身につける。

**【概要】** 経済学を皮相的にではなく、本格的に理解し、その本質を見極めようとするならば、数学の基礎をしっかりと固めて、ミクロ・マクロ経済学を数学的に理解することが必要である。そのため、この科目では、経済学を理解するために必要となる基本的な数学の手法を身につけることを目的とする。経済学の分析の面白さとその論理性を理解するための基礎として、この科目は開講される。本授業のスケジュールに従って数学的手法を身につければ、たいていの経済学の論文は読みこなせるようになる。

### 250902 ゲームの理論

#### 【到達目標】

- ・ ゲーム理論とは何か、概略を理解する。
- ・ 戦略形ゲームについて、解法を習得する。①支配される戦略の連続消去による支配戦略均衡、②最適反応戦略による純粋戦略ナッシュ均衡 ③混合戦略ナッシュ均衡 ④連続形ゲームのナッシュ均衡・展開形ゲームについて、後ろ向き帰納法による部分ゲーム完全均衡の解法を習得する。
- ・ 無限繰り返しゲームの長期的関係を理解する。
- ・ 不完備情報ゲームにおける、純粋戦略ベイジアン・ナッシュ均衡の解法を習得する。
- ・ 簡単なゲームをモデル化し、分析・考察できる。

**【概要】** ゲーム理論は、集団において、何らかのルールに従って行動する複数の主体の意思決定が戦略的に相互に影響を及ぼし合う状況を分析する。この主体間の相互依存関係を取り扱うゲーム理論は、経済学にとどまらず、経営学、政治学、社会学、さらに生物学等、広範な分野で有効な分析道具となっている。とりわけ、不完全競争市場における企業等の戦略的行動を分析するミクロ経済学の習得には必須であろう。この授業では、身近な経済の例を用いて、わかり易く解説する。

## 250903 経営ファイナンス論

### 【到達目標】

- ・資金調達の仕事とその方法について理解できるようにする。
- ・最適ポートフォリオの選択が出来る技術を習得する。
- ・資産運用についてのリスクの考え方ができるようにする。

**【概要】** 企業が事業を始めるとき、どのように資金調達をするべきか、そして企業が資産を持っているときに、それをどのように運用するかは企業の発展を左右する重要な決定事項である。資金調達の仕組みや方法、そして資産運用の仕組み、リスクへの対応、その成果の把握などについて、この授業では取り扱う。ファイナンスを考える以上、数学的あるいは統計学的な考え方は必須である。特に動学的、動的な考え方は重要である。このことから数学、統計学に関する最低限の知識は身につけておいて欲しい。

## 250904 文理融合演習 A

### 【到達目標】

- ・人文学、哲学、自然科学、社会科学の融合領域の文献を精確に読解する力を身につける。
- ・自分の専門領域とは異なる方法論がどのようなものであるかを理解し、それによって自身の専門領域の方法論を相対化した上で、自身の方法論の意義をより深く理解する。
- ・共通の問題を異なる学問領域からの視点で考察することを通じて、その問題の多様性を理解する。
- ・異なる学問領域を学ぶ他の参加者に、自身の専門領域での議論の仕方とその成果を明確かつ論理的に説明する能力を養う。
- ・異なる学問領域での方法論や成果を自分の専門領域で活かす力を身

**【概要】** 人文学、哲学、自然科学、社会科学という異なる学問の融合領域での文献を読み、異なる専門の学生同士での討論を通じ、そこで論じられている問題の多角的かつ重層的な理解を目指す演習である。具体的には、「科学史」「数学史」「数学の哲学」（確率論や、近代数学と近代哲学との関係など）「物理学の哲学」「生物学の哲学」「意思決定の哲学」（ゲーム理論を考察するもので、哲学、数学専攻、情報理学専攻の学生の他、経済学、社会学専攻の学生も参加可能）などを論じた文献を読み、異なる学問領域の方法論を学びながら、自身の専門領域での議論にそれを活かすことを試みる。その過程で、異なる専門の学生に、自分の専門領域での方法論や成果を明確に説明する能力を身につけると同時に、自身の方法論のより深い理解につなげることを目指す。

## 250905 文理融合演習 B

### 【到達目標】

- ・人文学、哲学、自然科学、社会科学の融合領域の文献を精確に読解する力を身につける。
- ・自分の専門領域とは異なる方法論がどのようなものであるかを理解し、それによって自

身の専門領域の方法論を相対化した上で、自身の方法論の意義をより深く理解する。

- ・ 共通の問題を異なる学問領域からの視点で考察することを通じて、その問題の多様性を理解する。
- ・ 異なる学問領域を学ぶ他の参加者に、自身の専門領域での議論の仕方とその成果を明確かつ論理的に説明する能力を養う。
- ・ 異なる学問領域での方法論や成果を自分の専門領域で活かす力を身

**【概要】** 人文学、哲学、自然科学、社会科学という異なる学問の融合領域での文献を読み、異なる専門の学生同士での討論を通じ、そこで論じられている問題の多角的かつ重層的な理解を目指す演習である。具体的には、「科学史」「数学史」「数学の哲学」（確率論や、近代数学と近代哲学との関係など）「物理学の哲学」「生物学の哲学」「意思決定の哲学」（ゲーム理論を考察するもので、哲学、数学専攻、情報理学専攻の学生の他、経済学、社会学専攻の学生も参加可能）などを論じた文献を読み、異なる学問領域の方法論を学びながら、自身の専門領域での議論にそれを活かすことを試みる。その過程で、異なる専門の学生に、自分の専門領域での方法論や成果を明確に説明する能力を身につけると同時に、自身の方法論のより深い理解につなげることを目指す。

## 数 学 専 攻

### ■ 解析学

#### 251101 解析学概論 I

##### 【到達目標】

- ・ 多変数関数の偏微分と全微分の概念を理解する。
- ・ 多変数関数の偏微分の計算に習熟する。
- ・ 多変数関数の偏微分を極値問題等に応用できるようになる。

**【概要】** 「微分積分学 I」および「微分積分学 II」の続きとして、多変数関数についての微分と積分の理論について、適宜問題演習を行いながら体系的に学ぶ。ここでは、主として多変数の関数の微分の理論を学ぶ。多変数の関数に対する微分の本質は、関数を1次関数で近似することにあることを認識し、関数のグラフに対する接平面や法ベクトルなどの幾何学的な対象に関連付けて微分の意味を理解して、微分概念と方法を自由に使いこなせるようにする。また、多変数の関数のテイラー展開を使って、関数の極大極小などの局所的な性質を調べる方法を学ぶ。

#### 251102 解析学概論 II

##### 【到達目標】

- ・ 多変数関数の重積分の概念を理解する。
- ・ 多変数関数の重積分の計算方法に習熟する。
- ・ 多変数関数の微分と積分を種々の解析学の問題に応用する力を身につける。

**【概要】** 「解析学概論 I」に引き続いて多変数関数の微分と積分の理論を体系的に学ぶ。多変数関数の陰関数や逆関数とその存在条件、重積分の定義と計算法およびその応用など。特に重積分の概念を確実に理解することに重点を置く。さらにベクトル値の関数の微分や線積分・面積分などのベクトル解析の入門的な事項、あるいは、関数列の収束と逐次近似法などにも触れる。講義を主体とするが適宜問題演習を行い、基本事項の理解を確実にすると共に計算法に習熟することを目標とする。

#### 251103 解析学の応用

##### 【到達目標】

- ・ 常微分方程式の意味を理解する。
- ・ 簡単な常微分方程式の解法に習熟する。
- ・ 自然現象や社会現象を微分方程式を用いてモデル化する方法を理解する。

**【概要】** 微分方程式の初歩的な理論とその応用について学ぶ。微分方程式とは、未知関数とその導関数の間に成り立つ関係式のことである。自然現象や社会現象の裏に潜む法則は、

しばしば微分方程式の形に定式化される。ここでは、微分方程式のうち主に常微分方程式、すなわち独立変数が1個の微分方程式を扱い、その数学的理論と解法の初歩的部分について、多くの具体例や問題演習を交えながら解説する。具体例として自然現象や社会現象の数理モデルを取り上げ、解析学の応用の一端に触れる。

#### 251104 連続と極限

##### 【到達目標】

- ・数列や級数の極限に関する基本的な事項を理解する。
- ・連続関数の基本的な性質を理解する。
- ・集合と論理に関する正確な表現を理解し使いこなせるようになる。

**【概要】** 解析学の理論的な基礎付けとして、極限と連続性についての理論を体系的に学ぶ。まず実数の連続性を厳密に表現することを学び、それに基づいて定義される数列や級数の収束や実変数関数の連続性に関して基本的な事項を学ぶ。高校数学や「微分積分学Ⅰ」「微分積分学Ⅱ」などにおいては素朴な意味で展開されてきた収束や連続の概念を、厳密な仕方  
で理論付けることを学び、解析学のみならず現代数学の幅広い分野で現れる極限を用いた議論を正確に展開する方法を身に付ける。

#### 251105 複素関数論Ⅰ

##### 【到達目標】

- ・複素数とその平面上の表示について理解し、平面幾何への応用力を身につける。
- ・正則関数の定義とその判定法について理解し、種々の関数に適用する力を身につける。
- ・複素数を変数とする初等関数の写像としての性質について理解し、運用能力を身につける。
- ・複素数を変数とするべき級数について正確に理解し、運用能力を身につける。

**【概要】** 複素数の世界での微分と積分についての基礎的な事項について講義する。まず複素数と複素平面についての基本事項を述べ、複素数の数式による表現とその幾何学的な意味について学ぶ。それを基礎として、今まで実数の世界で考えてきた多項式、指数関数、三角関数などの初等関数を複素数の世界へ拡張する。これらの関数は複素数の世界でも微分可能な関数、すなわち正則関数になっていることを理解する。さらに正則性の判定法、正則関数による写像、べき級数で定義される正則関数などについて学ぶ。

#### 251106 複素関数論Ⅱ

##### 【到達目標】

- ・コーシーの定理や留数定理など複素関数論の基礎となる定理の証明と意味を正確に理解する。
- ・コーシーの積分公式や留数定理などを種々の具体的な問題に適用できるような応用力を



身につける。

- ・正則関数のテイラー展開やローラン展開の意味を正確に理解し計算法に習熟する。
- ・数学を含む理工学の諸分野に複素関数論を応用できる力を身につける。

**【概要】** 「複素関数論 I」に引き続き複素関数の微分と積分について学ぶ。複素関数論を体系的に理解して数学を含む理工学への応用力を身につけることを目標とする。まず正則関数の線積分に関して最も基本的なコーシーの定理を証明し、それを基礎として正則関数の諸性質を導く。たとえば線積分と正則関数の定義域の幾何学的な性質との関連、正則関数のテイラー級数展開、特異点のまわりでのローラン級数展開と留数など。さらにコーシーの定理を定積分の計算に応用する。また代数学の基本定理の証明などの理論的な応用にも触れる。

## 251107 関数解析学

### 【到達目標】

- ・バナッハ空間の基本的な性質を理解する。
- ・ヒルベルト空間の基本的な性質を理解する。
- ・関数解析の理論を解析学の問題に応用する方法を身につける。

**【概要】** 解析学を数理学へ応用する際に重要な関数解析学の基本的な事項について講義する。関数解析とは、線形代数や距離空間を始めとする様々な幾何学的な考え方を、適切な条件を満たす関数全体の作る集合(関数空間)において展開する理論である。この授業では、バナッハ空間やヒルベルト空間などの関数解析の基本概念を導入して、基本的な理論を解説し、更にその理論を簡単な関数方程式の解の解析に応用するなど、具体例を通して関数解析の考え方に親しむ。

## 251108 数理モデルと微分方程式

### 【到達目標】

- ・自然現象や社会現象をモデル化して微分方程式を導く能力を身につける。
- ・定数係数の線形微分方程式の解法に習熟する。
- ・微分方程式の解の性質など理論的な側面、特に線形代数との関連について理解を深める。

**【概要】** 「解析学の応用」に引き続き、常微分方程式の基礎理論を、各種の数理モデルを題材として現実の問題と関連付けながら解説する。「解析学の応用」で扱った微分方程式や数理モデルよりやや複雑な数理モデルを取扱い、その過程で、行列の標準形と指数関数、定数変化法、関数の作る空間などの考え方を解説する。特に2個以上の未知関数に関する線形微分方程式について詳しく述べ、線形微分方程式と線形代数学との深い関連について理解を深める。余裕があれば解の存在と一意性や解の性質などの理論的な側面にも触れる。

## 251109 数理解析学

### 【到達目標】

- ・関数の近似法、関数のノルム、種々の関数空間などを、簡単な具体例について理解する。
- ・関数解析を関数方程式の解析に応用する方法の基本を理解する。
- ・関数の作る具体的な関数空間の性質を理解する。

**【概要】** 関数解析の理論と、関数解析の理論を微分方程式や積分方程式などの解析に応用するための具体的な手法とを、講義する。関数解析は、線形代数や幾何学の考え方を無限次元の空間において展開し、種々の関数方程式の解の存在や一意性の問題などを解決しようとする理論である。関数解析を理解するためには、その抽象的な理論とともに、具体的な関数のつくる無限次元空間の様々の性質を理解することが不可欠である。この授業では、関数のつくる種々の空間の性質を解説し、その関数方程式への応用について講義する。

## 251110 情報解析学

### 【到達目標】

- ・周期関数のフーリエ級数展開について正確に理解し計算できる力を身につける。
- ・デジタル信号の離散フーリエ変換について正確に理解し計算法を身につける。
- ・フーリエ級数や離散フーリエ変換を音声信号などの具体的な現象に適用できるような数理的能力を身につける。

**【概要】** フーリエ解析の基本的事項について、特に情報学への応用を目標に解説する。フーリエ解析は、音や電磁波などの波動現象を数学的に解明する道具である。三角関数から出発して、フーリエ級数、フーリエ変換、離散フーリエ変換などのフーリエ解析の基本的手法について解説した後、その音声信号、電波による通信、信号処理、画像処理などへの応用に言及する。フーリエ解析を通して、解析学の手法が情報学をはじめとする理工学分野で不可欠の言語としての役割を担っていることを認識させる。

## ■代数学

## 251201 線形代数学Ⅲ

### 【到達目標】

- ・抽象ベクトル空間の公理を理解し、具体例について公理の確認ができる。
- ・数ベクトル空間とは限らないベクトル空間の例について、その基底を求め、次元を計算できる。
- ・線形写像を表現する行列を求め、その核と像が計算できる。
- ・シュミットの直交化法を用いて正規直交基底を計算できる。

**【概要】** 「線形代数学 I、II」で学んだ知識をもとに、抽象的なベクトル空間の公理から出発して、線形代数学の一般論を展開する。線形写像が基底を通じて行列表示できること、線形写像の階数や単射性が像と核で決まることを理解する。特に次元公式は今後学ぶ準同型定理の一端であることを紹介する。行列の標準形、最小多項式、双対空間、商空間など更に

深い内容についても簡単な解説を行う。ベクトル空間における計量として内積を導入し、応用上重要となる実対称行列、実直交行列などについて学ぶ。

## 251202 代数学 A

### 【到達目標】

- ・ 代表的な群の例について、その扱い方の基本を身につける。
- ・ 群論における基本的概念の意味を、具体例を通じて理解する。
- ・ 群論における基本的定理が述べていることを、具体例への応用を通じて理解する。

**【概要】** 最も基本的な代数構造である群について、実例を通じた入門を行う。主に、整数の剰余群、整数の剰余環の単数群、置換群、行列群などの代表的な群を取り上げ、これらの群を通じて、部分群、元の位数、コセット、準同型写像をはじめとする群論の基本的な概念の意味を説明し、ラグランジュの定理や準同型定理などの基本的定理が何を述べているのか解説する。「線形代数学 III」および「情報代数学」を履修していることが望ましい。

## 251203 代数学 B

### 【到達目標】

- ・ 環・群・体の概念を理解する。
- ・ イデアル、剰余環、準同型の概念を理解する。
- ・ 環の準同型定理が述べていることを、具体例を通じて理解する。

**【概要】** 環論からの代数学入門を図る。身近な代数構造である整数を一般化・抽象化することで環の概念を導入し、その基本的な性質を説明する。環の可逆元を考えることで環の単数群が得られ、これにより自然に群の概念へと辿り着く。また、逆元による積として除法を定めることで体の概念を理解できるようになる。イデアル、剰余環、環の準同型写像といった環の基本事項を整数の剰余環などの実例を通じて解説し、環の準同型定理の理解を目標として代数系の理論を学んでいく。

## 251204 情報代数学

### 【到達目標】

- ・ 拡張ユークリッドの互除法を理解し、実行できる。
- ・ 整数の剰余環を理解し、具体的な計算ができる。
- ・ 可逆元の意味を理解し、オイラー関数が計算できる。
- ・ 素数位数の有限体とフェルマーの定理を理解する。

**【概要】** 情報科学に应用されている代数学について学ぶ。現在のコンピュータネットワークの時代では、データセキュリティやデータの完全性が基本的な重要性を持つ。その要請に答えるべく、暗号理論、符号理論が展開されてきたが、それらは線形代数学、数論、群論などに基づいている。この授業では初等整数論を通じて整数の剰余環や素数位数の有限体の基

本的な性質を説明するとともに、実践的な計算方法についても詳しく解説する。続いて、暗号や誤り訂正符号の基本を解説し、実社会に応用されている代数学の結果について触れる。

## 251205 代数学 C I

### 【到達目標】

- ・ 抽象代数学における基本的概念を用いた厳密な論理展開の作法を身につける。
- ・ 軌道分解や類方程式など、群の作用に関する基本事項を理解する。
- ・ 有限群および連続群の構造について基本的知識を身につける。

**【概要】** これまでに学んだ代数学に基づいて、抽象的な代数理論を学ぶ。主として群の理論を体系的に展開する。基本概念の意味を丁寧に解説し、基本概念の理解に基づいて行われる厳密な群論の展開を示す。「代数学 A」で触れたラグランジュの定理や準同型定理などを厳密に扱ったのち、群の作用及び有限群や連続群の構造に関する基本的結果とその応用の一端を示す。「代数学 A」および「代数学 B」を履修していることが望ましい。

## 251206 代数学 C II

### 【到達目標】

- ・ 剰余群や剰余環を通じて剰余構造について抽象的なレベルで理解する。
- ・ 環および加群の準同型定理の応用や体の拡大など、環と体に関する基本的知識を身につける。

**【概要】** これまでに学んだ代数学に基づいて、抽象的な代数理論を学ぶ。主として環と体の理論を体系的に展開する。基本概念の意味を丁寧に解説し、基本概念の理解に基づいて行われる厳密な環論および体論の展開を示す。とりわけ、「代数学 A」で登場した剰余群、「代数学 B」で登場した剰余環など、代数系の剰余構造について詳述する。多項式環や行列環など種々の環とその上の加群、体の拡大、特に代数拡大など、環と体に関する基本的結果とその応用の一端を示す。「代数学 A」および「代数学 B」を履修していることが望ましい。

## 251207 代数学特論 A I

### 【到達目標】

- ・ 数学分野のトピックにおいて、抽象代数学(主に群論に関連する)がどのように応用されるか理解する。
- ・ 抽象代数学(主に群論に関連する)に関する、より進んだ知識を身につける

**【概要】** 数学の様々な分野において、主に抽象代数学の応用として得られている理論のうち、群論や数論に関係するものを選んで解説する。ガロア理論と方程式の可解性など古典的なものから、群の構造論、有限幾何など純粋数学に属するもの、情報科学など実用面への関連が深い(代数的)符号理論や有限体の理論、代数的組合せ論などからトピックを選んで解説し、いくつかの応用例を紹介する。

## 251208 代数学特論A II

### 【到達目標】

- ・ 数学分野のトピックにおいて、抽象代数学(主に群論に関連する) がどのように発展し、応用されるか理解する。
- ・ 代数学分野(主に群論に関連する) における専門性の高い理論を学び、その理論展開を理解する。

**【概要】** 数学の様々な分野において、主に抽象代数学の応用として得られている理論のうち、群論や数論に関係するものを選んで解説する。トピックは「代数学特論 AI」に引き続く場合が多いが、その場合には「代数学特論 AI」の内容の理解を前提として、更に深い理論展開や進んだ応用について触れる。幾何構造や解析構造など代数学以外の数学領域との関連に触れ、応用数学や情報科学など他分野との関連も解説する。

## 251209 代数学特論B I

### 【到達目標】

- ・ 数学分野のトピックにおいて、抽象代数学(主に環論に関連する) がどのように応用されるか理解する。
- ・ 抽象代数学(主に環論に関連する) に関する、より進んだ知識を身につける。

**【概要】** 数学の様々な分野において、主に抽象代数学の発展理論のうち、環論や表現論に関係するものを選んで解説する。環とイデアルの理論、多元環の構造論と表現論、リー群とリー代数の関係等、純粋数学および数理論理学に関係した理論からトピックを選んで解説する。

## 251210 代数学特論B II

### 【到達目標】

- ・ 数学分野のトピックにおいて、抽象代数学(主に環論に関連する) がどのように発展し、応用されるか理解する。
- ・ 代数学分野(主に環論に関連する) における専門性の高い理論を学び、その理論展開を理解する。

**【概要】** 数学の様々な分野において、主に抽象代数学の応用として得られている理論のうち、環論や表現論に関係するものを選んで解説する。トピックは「代数学特論 BI」のものに引き続く場合が多いが、その場合には「代数学特論 BI」の内容の理解を前提として、更に深い理論展開や進んだ応用について触れる。担当講師と学生の興味に応じて、代数学だけでなく物理学など関連する分野における数学領域の話題や、最先端の研究状況を論ずることもある。抽象的な内容が多くなるため、一般理論だけではなく、具体例の計算も多く取り上げ、実例を通じた理解を図る。

## ■幾何学

### 251301 位相数学 I

#### 【到達目標】

- ・幾何学の基礎となる距離空間の概念を把握し、数学における抽象化、一般化の意味を理解する。
- ・位相空間につながる距離空間の連続写像やコンパクトの概念を具体例とともに習得する。

**【概要】** 一般の距離空間について講義する。距離関数が定義された集合を距離空間という。高校時代からなじみの深いユークリッド空間も距離空間の一例である。ユークリッド空間を拡張、一般化することを目標に、距離関数の定義、距離空間の例からはじめて、距離空間上の写像の連続性などの事柄について説明していく。また、距離空間は「位相数学 II」で講義する位相空間とみることもできる。位相空間であるという観点から、距離空間で成立する性質についても詳しく説明していく。

### 251302 位相数学 II

#### 【到達目標】

- ・距離空間の一般化である位相空間の概念を習得し、距離のない空間の開集合の役割を理解する。
- ・位相空間における連続写像やコンパクト性の概念を理解する。

**【概要】** 位相空間について講義する。「位相数学 I」で講義した距離空間を更に一般化し、抽象化したものが位相空間である。幾何学には二種類あり、距離や面積、体積が計算できる微分幾何学と、距離の概念がなく「やわらかな幾何学」と呼ばれている位相幾何学がある。位相幾何学の対象となる位相空間について、位相空間上の写像の連続性やコンパクト性などの性質を説明していく。今までに学習した数学にはない抽象化された概念が登場する。本質的なものを取り出し、一般化するという数学の本質に触れることになる。

### 251303 グラフ理論

#### 【到達目標】

- ・グラフの概念及びその離散数学的な取り扱いを習得し、グラフ理論における標準的な専門知識を習得する。
- ・グラフ理論の典型的な応用例とそのアイデアを理解する。

**【概要】** ある 2 つの集合において、一方の集合から他方の集合の適当な 2 元部分集合族への写像が定める組み合わせ構造をグラフと呼び、グラフ理論とは、グラフを特に離散数学の立場から調べる研究領域である。グラフ理論は、現代数学のみならず自然科学全般にわたりその離散構造の基幹を成し、幅広く応用されている。この講義では、グラフ理論の基礎事項について解説するとともに、幾つかの応用例を紹介する。

## 251304 幾何学 A

### 【到達目標】

- ・位相空間の同相関係を通して、トポロジーの考え方を理解する。
- ・トポロジーの数学的理論を通して、柔軟な思考力と論理的な考察力の双方を身につける。
- ・様々な幾何学的対象を通して、図形の把握力及び数理的空間認識力を身に付ける。

**【概要】** トポロジー(位相幾何学)とは、図形を連続的に変形させて形や大きさをまるで変えてしまっても、なお保たれている性質を調べる幾何学である。長さや角度といった図形の「形」や「大きさ」に関わる目に見える情報を無視し、目に見えない情報を調べることでその図形の性質を明らかにする。この講義では、我々のまわりに満ち溢れている様々な図形を通して、トポロジーの発想及びその数学的理論の初歩について解説する。

## 251305 幾何学 B I

### 【到達目標】

- ・曲面の分類定理を理解する。
- ・基本群を幾何学的なイメージとともに理解する。
- ・基本群の計算ができるようになる。

**【概要】** 基本群について講義する。代数的位相幾何学において、2つの代表的な位相不変量がある。基本群とホモロジー群である。この授業では、イメージがつかみ易い基本群を取り上げる。位相幾何学では、位相同型なものは同じものとみなす。三角形と円盤の区別がない世界で図形の本質的性質を研究するのが位相幾何学である。ある点から進んで行き、その点にもどる道全体を考える。そこに群の構造を入れたものが基本群である。基本群の基本的な性質やその計算例等について解説する。

## 251306 幾何学 B II

### 【到達目標】

- ・ホモロジー群を幾何学的なイメージとともに理解する。
- ・簡単なホモロジー群の計算ができるようになる。

**【概要】** この授業ではホモロジー群について講義する。位相不変量には、図形そのものから定義するものと図形間の写像から定義するものがある。ホモロジー群は后者であり、まず図形を基本的な図形の集まりとみなす。その基本的な図形の中に写像をつくり、その写像の像と核からホモロジー群が定義される。代数的な要素が強い位相不変量であるが、位相幾何学において最も基本的なものである。ホモロジー群の基本的性質、そして具体的な計算法について講義する。

### 251307 結び目理論 I

#### 【到達目標】

- ・結び目の描画を通して、図形の創造力と空間認識力を身に付ける。
- ・結び目の数学的取り扱いと、基本的な研究手法を通して、数理的思考力を養う。
- ・結び目の基本的な不変量を計算でき、また、それを分類問題に応用できる。

【概要】 結び目理論とは、3次元空間内の紐の結び具合や絡み具合を、主に位相幾何学(トポロジー)の立場から研究する学問である。この授業では、結び目理論への入門講義として、結び目の数学的な取り扱い、結び目の基本的な研究方法、結び目の不変量の考え方、結び目の不変量の具体的な例とその導出方法について、それぞれ解説する

### 251308 結び目理論 II

#### 【到達目標】

- ・結び目と Seifert 曲面の描画を通して、図形の創造力と空間認識力を身に付ける。
- ・結び目の数学的取り扱いと、基本的な研究手法を通して、数理的思考力を養う。
- ・結び目の高度な不変量を計算でき、また、それを分類問題に応用できる。

【概要】 結び目理論とは、3次元空間内の紐の結び具合や絡み具合を、主に位相幾何学(トポロジー)の立場から研究する学問である。この授業では、結び目理論 I に引き続き、結び目理論への入門講義として、結び目の Seifert 曲面、結び目の Seifert 行列と基本同値、結び目の多項式不変量、結び目の局所変形について、それぞれ解説する。

### 251309 幾何学特論 A I

#### 【到達目標】

- ・古典的な結び目不変量と多項式不変量を理解し、多項式不変量について実際の計算が出来るようになる。
- ・有限型不変量とその他の結び目不変量との関係を理解する。

【概要】 位相幾何学のうち、結び目理論の最近の話題について解説する。結び目不変量には、自然数の値をとるものや多項式の形をとるものなどがある。多項式不変量は、量子群不変量に一般化され、更に有限型不変量としても特徴付けられている。まず、多項式不変量について解説し、量子不変量にふれる。有限型不変量の解説を行い、有限型不変量と他の不変量との関係について説明する。

### 251310 幾何学特論 A II

#### 【到達目標】

- ・有限型不変量と局所変形との関係を適切に理解する。
- ・仮想結び目の概念を理解する。
- ・仮想結び目や空間グラフの有限型不変量を理解する。

【概要】 「位相幾何学 A I」に引き続き、結び目理論の最近の結果について解説する。結び目の射影図において、結び目の一部分が変形される操作を局所変形とよぶ。ある局所変形



と有限型不変量が密接な関係をもっている。その関係について説明していく。また、仮想結び目や空間グラフを説明し、結び目理論において多くの関心を得ている最近の話題を選び、解説していく。

#### 251311 幾何学特論 B I

##### 【到達目標】

- ・位相多様体の概念を理解し、多様体の理論における標準的な専門知識を習得する。
- ・多様体のホモロジー理論を通して、多様体の向きの概念を数学的に正しく理解する。

【概要】 多様体のホモロジー理論について講義する。多様体とは、大雑把に言うと局所的には Euclid 空間であるような空間のことであり、球面や球体、我々が住む宇宙などは全て多様体の例である。この講義では、これら多様体に共通する基本的な性質が、ホモロジー群と呼ばれる代数的な道具を用いて美しく捉えられることを解説する。余裕があれば多様体のコホモロジー、及び双対定理についても触れる。

#### 251312 幾何学特論 B II

##### 【到達目標】

- ・可微分多様体の概念及びそのアイデアを理解し、その標準的な基礎知識を習得する。
- ・可微分多様体の微分同相の概念を理解する。

【概要】 位相多様体には、その各点の近傍が Euclid 空間であることから局所的に座標を描くことができ、そのことを利用して可微分多様体の概念が得られる。可微分多様体は現代の数学、特に微分幾何学、微分位相幾何学における主要な対象である。この講義では、可微分多様体の標準的内容について、具体例を豊富に織り交ぜながら詳しく解説する。また、微分位相幾何学における中心的な概念である可微分多様体の微分同相についても説明する。

### ■ 確率論・統計学

#### 251401 確率統計 I

##### 【到達目標】

- ・確率空間とその上に定義された確率変数およびその分布の数学的な定義と意味を理解する。
- ・期待値、分散、共分散の計算が自由にできる。
- ・大数の法則と中心極限定理の意味をきちんと理解する。

【概要】 数学の一分野としての確率論の基礎を理解することを目的とする。まず確率空間の公理をルベーグ式の測度論を持ち出さない範囲で出来るだけ厳密に述べた後、ランダムな現象をモデル化するために確率変数を導入する必要性を解説する。次に確率変数の分布の定義とその意義を説明し、分布の特性量としての期待値、分散、共分散等の定義とその計算方

法を解説する。またチェビシェフの不等式とその応用としての大数の法則を説明し、最後に中心極限定理まで解説する。

#### 251402 確率統計Ⅱ

##### 【到達目標】

- ・ ランダムサンプリングを確率論的にモデル化するとどうなるかを理解する。
- ・ 統計的推定とは何かを具体例に即して理解する。
- ・ 統計的検定とは何かを具体例に即して理解する。

**【概要】** 統計学の基本的手法である推定論と検定論の初歩について講義する。数理統計学の立場から、その基礎となる理論の根拠やその具体的手法について、具体的な例を使いながら解説をする。最初に独立同分布確率変数列によってランダムサンプリングがモデル化されることを詳しく説明した後、推定論や検定論が確率論的には何を意味するかを解説することによって、統計学的分析から得られた結論について正確に理解できることを目指す。

#### 251403 数理モデルと確率論Ⅰ

##### 【到達目標】

- ・ 1次元ランダムウォークについての具体的な計算ができる。
- ・ 一般のマルコフ連鎖の定義と基本的な性質を理解する。

**【概要】** 数理モデルとして用いられる確率過程の中で基本的なマルコフ連鎖について講義をする。まず最も簡単なマルコフ連鎖である1次元対称ランダムウォークについて組み合わせ論的な計算によって導かれる結果を解説する。次により一般のマルコフ連鎖に対する状態空間の再帰的同値類と非再帰的集合への分解等について解説した後、その応用として出生死亡過程、待ち行列、分枝過程等についての解説をする。

#### 251404 数理モデルと確率論Ⅱ

##### 【到達目標】

- ・ マルコフ連鎖の収束定理の内容を理解しかつ具体例についての計算ができる。

**【概要】** 「数理モデルと確率論Ⅰ」に続いてマルコフ連鎖についてより詳しく論じる。特にマルコフ連鎖の分布に関する収束定理について論じる。まず定常分布と状態の周期に関して、その定義と関連する定理について解説する。次に非周期的な状態の遷移確率の収束に関しての基本定理を詳しく解説する。最後に周期的な状態についての収束定理について解説後、周期的な状態を含む一般的な場合の収束定理について解説する。

#### 251405 確率統計特論AⅠ

##### 【到達目標】

- ・ ポートフォリオ選択理論とは何かを理解する。

- ・さらに 2 項モデルを用いたデリバティブの価格付け理論を数学的に正しく理解するとともに、得られた結果の意味を正しく理解する。

**【概要】** 数理ファイナンスの入門についての解説を行う。「確率統計特論 A I」ではまず必要な確率論の知識を整理して簡潔に解説する。次にポートフォリオ選択理論に関する一般論の解説を行う。さらにデリバティブの価格付け理論を離散時間モデルを用いて解説し、2 項多期間モデルの極限としてブラックショールズの価格公式が得られることを簡単に紹介する。

#### 251406 確率統計特論 A II

##### 【到達目標】

- ・離散時間マルチンゲールを正しく理解し具体例について計算できる。
- ・離散時間モデルを使ったデリバティブの価格付け理論を正しく理解する。

**【概要】** 「確率統計特論 A I」に続いて数理ファイナンスの入門についての解説を行う。まずルベグ積分論に基づく確率論の中で使われる定理や定義の中で講義に使う必要のあるものについて簡単にまとめて解説する。さらに条件付期待値の概念を例を交えて解説し、それを使ってマルチンゲールの概念を解説する。離散時間モデルの極限として連続時間モデルが得られること、また、伊藤の公式やブラックショールズの公式について簡単に紹介する。

#### 251407 確率統計特論 B I

##### 【到達目標】

- ・多変量解析の種々の手法を正しく理解する。
- ・PC を使って実際の観測データに多変量解析を行う実習を行うとともに、その結論の意味と限界を理解する。

**【概要】** 多変量解析の基本的な手法とその理論についての解説を行う。講義内容は重回帰分析、主成分分析、判別分析、数量化分析である。単なる計算手法の解説や統計パッケージの使い方の説明だけではなく、それらの解析手法が依って立つ数理統計学に基づく理論的背景についても詳しい解説を行う。講義と並行してパソコン用のソフトを使って模擬データや実際のデータについて計算を行い、その出力結果の意味について解説する。

#### 251408 確率統計特論 B II

##### 【到達目標】

- ・時系列解析の目的とその基礎となっている数学的理論を正しく理解する。
- ・実際のデータを解析して得られた結果の意味を正しく理解できるようになる。

**【概要】** 時系列解析の基本的な手法とその理論についての解説を行う。まず時系列の基本的モデルである、(トレンド) + (季節変動) + (定常過程) のモデルについての解説を行い、次にトレンドと季節変動についてのいくつかの推定法について解説を行う。ついで定常

過程の一般論について説明した後、いくつかの代表的な定常過程モデルについて、その性質と予測についての理論を解説する。最後にトレンドと季節変動の推定値を合わせた時系列全体の予測についての解説を行う。講義と並行してパソコンソフトによる計算も行う。

## ■情報科学

### 251501 情報学概論

#### 【到達目標】

- ・情報科学の各分野を勉強していくための基礎知識を身につける。
- ・コンピュータで扱われている数値の表現方法を理解する。
- ・論理演算のしくみを理解する。

**【概要】** 情報科学とは何か、人間の歴史における情報活動の変化やコンピュータの歴史など一般的な事柄、コンピュータの基本構成（アーキテクチャ）について概説し、何気なく使っているコンピュータについて理解を深める。次に、情報の大きさについての尺度となる情報量について学ぶ。さらにコンピュータでの情報の表現方法（補数表現、文字コード）、コンピュータの言語と考え方（プログラミング、アルゴリズム）について解説し、演習問題を通して理解を深める。

### 251504 プログラミング

#### 【到達目標】

- ・コンピュータ言語の仕組みを理解する。
- ・簡単なプログラムを作成する知識・技能を習得する。
- ・プログラムに用いられるアルゴリズムについての知識を習得する。

**【概要】** コンピュータに作業させるには、プログラムを書いて実行させる必要がある。プログラムとは何か、プログラムを実行させるとはどういうことかを、実際にプログラムを作成し、結果を確認することで理解する。どのような処理を行うプログラムを作成したいか、そのためにはどのような順序で何を書けばよいか、アルゴリズムを考えながら作成する。なお、取り上げるプログラミング言語はPython, C, Javaなど一般的によく用いられる言語の中から1つを指定する。

### 251505 数値計算

#### 【到達目標】

- ・数値計算のアルゴリズムを理解する。
- ・アルゴリズムに基づき、電卓などを用いて数値計算ができる。
- ・数値計算のプログラムを読んで理解する。
- ・数値計算のアルゴリズムの性質や誤差を理解する。

- ・数値計算のプログラムを作成する。

**【概要】** 自然科学、社会科学、工学などの問題をモデル化し数学の問題として定式化した後、場合によっては数値計算により近似解を求めたり、数値計算を用いた可視化を行う。本講義では問題解決のために数値計算を利用する上での初歩的な事項や数値計算法を理解し修得することを目的とする。各項目に対し数学的背景を述べた上で、アルゴリズムは素朴なものと標準的なものを取り上げる。それぞれのアルゴリズムに対し、電卓やコンピュータを用いた実習を行う。

## 251508 情報と職業

### 【到達目標】

- ・教職課程にこの科目が設置されたことの重要性や意義を理解する。
- ・情報社会に関するさまざまな調査資料や白書などを見て、職業や労働の状況についての理解を深める。
- ・情報社会での働き方、職業人としての生き方に対して、自分なりの心構えを持つことができる。

**【概要】** 情報を学ぶ生徒・学生が情報関連の職種へ就職する場合に必要な進路指導のあり方について学ぶ。情報社会における産業構造と職業構造の変化、情報関連職種への就業に必要な基礎知識、および、情報関連分野の業務内容について解説する。その上で、情報関連職種に就業することの実情を多面的に理解させることを通じて、職業適性について考え、職業人としての役割や責任を自覚することの重要性を説く。さらに、職業意識や倫理観、情報関連職種のキャリアパス、専門性の習得など、情報社会における人材育成のあり方について説く。

## 251514 計算幾何学

### 【到達目標】

- ・計算幾何学における代表的な問題を理解する。
- ・問題を解くために使われるアルゴリズムを理解する。

**【概要】** 計算幾何学の基礎について講義する。幾何学的な問題を解くために効率の良いアルゴリズムやデータ構造を見つけ問題を解くのが計算幾何学である。この分野で扱われている様々な問題のうち、凸包問題、ドロネ三角形分割問題、線分交差問題、ボロノイ図、美術館監視問題、最短路問題、ナップサック問題、巡回セールスマン問題など良く知られた問題を取り上げ、基本的な概念を解説し、最適解を得るための様々なアルゴリズムについて説明する。理解を深めるため、実習を行うこともある。

## ■応用数理学

### 251616 現代物理学 A

#### 【到達目標】

- ・量子力学の基礎的な理解に基づき、現実的な系にこれを応用する仕方を習得する。
- ・熱力学の基本的概念を習得する
- ・基礎的な量子力学の知識に基づき、統計力学の基本的概念を理解し、その応用の仕方を習得する。

**【概要】** まず、量子力学に関する基礎的事項を代表的な現実的力学系（水素原子等）に適用する手法について解説する。次に、物理学の重要な分野である熱力学、統計力学について、その基本的な概念や事柄を、量子力学の基礎的事項を踏まえて紹介する。現実の物質は非常にたくさんの原子、分子の集合体であるために統計的性質が現れる。統計的手法を用いて、例えば温度、圧力、磁荷等の物質の持つ様々な性質（物性）について議論する。

### 251617 現代物理学 B

#### 【到達目標】

- ・物理学、特に現代物理学の法則が数学的にどのように簡潔に表されるのかについて理解する。
- ・現代物理学において、数学的手法によりどのような重要な物理的帰結が得られるかを理解する。

**【概要】** 特に現代物理学において、物理学の法則がどのように数学的に表現されるか、また逆に、数学的な手法を適用することで、どの様に重要な物理学的帰結がもたらされるのかについて解説する。採り上げるトピックの例としては、弦の振動を用いた波動方程式の導出、固有振動の重ね合わせとしてのフーリエ級数、相対論的量子力学におけるクライン・ゴルドン方程式、シュレディンガー方程式の持つゲージ対称性、対称性と群論、余裕があれば局所ゲージ対称性と素粒子の相互作用、といったものが挙げられる。

## ■数理科学シミュレーション

### 251701 シミュレーション A I

#### 【到達目標】

- ・数理モデルとシミュレーションの基礎について理解する。
- ・数値シミュレーションに必要な数値計算法の基礎を習得する。

**【概要】** 数理モデルとシミュレーションの基礎について理解することを目標とする。自然現象などをモデル化して現れる方程式を数値計算によって解き、その現象のシミュレーションを行うことを数値シミュレーションという。数値シミュレーションは、コンピュータの発

展に伴い様々な分野でその重要性を増し、実験とともに理論を検証するための非常に重要な位置を占めるに至っている。この授業では、数理モデルやシミュレーションの基本について、できるだけコンピュータを用いた実習を取り入れながら学習する。

## 251702 シミュレーションAⅡ

### 【到達目標】

- ・数理モデルとシミュレーションの基礎について十分に理解する。
- ・基礎的な数値シミュレーションのプログラムを作成できる。

**【概要】** 「シミュレーションAI」に引き続き、数理モデルとシミュレーションの基礎について理解することを目標とする。数値シミュレーションは、(1) 解析対象となる現象をモデル化し、微分方程式で表現する、(2) 微分方程式を有限差分法や有限要素法によって離散化し、コンピュータで計算可能な線形方程式で近似する、(3) 線形方程式をコンピュータで解く、といったプロセスで実行される。この授業では、これらのプロセスの基本について、コンピュータによる実習も含めて学習する。

## 251703 シミュレーションBⅠ

### 【到達目標】

- ・数理モデルとシミュレーションの基礎について理解する。
- ・様々な不確かさを持つ実現象を対象に、確率論的モデルの有用性を理解する。
- ・基礎的な数値シミュレーションのプログラムを作成できる。

**【概要】** 不確かさを持つ実現象を確率的な数理モデルとして表現し、コンピュータシミュレーションにより解析を行うための手法を学習する。バスの待ち時間、事故の発生確率など具体的な問題をいくつか取り上げ、数理モデルとシミュレーションプログラムの構築を通して、その重要性を理解する。主に、擬似乱数を用いたモンテカルロ法、ベイズ推定などの手法を学ぶ。数値シミュレーションを行うための計算機科学に関する知識を習得するために、コンピュータを利用した実習を取り入れながら講義を進める。

## 251704 シミュレーションBⅡ

### 【到達目標】

- ・数理モデルとシミュレーションの基礎について十分に理解する。
- ・様々な不確かさを持つ実現象を対象に、確率論的モデルを構築できる。
- ・基礎的な数値シミュレーションのプログラムを作成し、その結果を解析することにより、現象を理解する能力を身につける。

**【概要】** 「シミュレーションBI」に引き続き、確率現象のモデル化とシミュレーションについて講義する。待ち行列モデル、一般線形モデル、ベイズフィルターなどの中からいくつかを取り上げて解説し、それらをコンピュータに実装するためのアルゴリズムとプログラミ

ングの方法を学ぶ。コンピュータネットワークの性能解析、センシングデータからの状態推定など具体的な問題をいくつか取り上げて数理モデルとシミュレーションプログラムを作り、それを用いたシミュレーションの結果を解析することにより、モデル化とシミュレーションの有用性を学ぶ。

## ■ 基盤演習

### 251801 1年次演習（数学）

#### 【到達目標】

- ・ 大学において現代の数学を学ぶために不可欠である、論理記号の取り扱い、及び数学的内容の簡潔な表現方法を身につける。
- ・ 現代の数学を記述するための全ての基本である、集合と写像に関する標準的な専門知識を習得する。
- ・ レポート作成のマナー、文献調査方法、著作権等の扱い、プレゼンテーションなど、知的思考活動における基本的能力を身に付ける。
- ・ プログラミングの基本的な概念を理解する。

【概要】 数理科学科数学専攻において現代の数学を深く学んでいくための初年度教育として、数学において抽象概念を簡潔かつ的確に記述するために欠かせない論理記号及びその使用法、並びに現代の数学における基礎的な言語である集合と写像の概念及びその数学的取り扱いについて解説を行なう。また、数理科学の教養を幅広く身に付けるため、応用数学・情報数学等の予備知識として、プログラミングの基本的な概念を理解し、簡単なプログラムを作成する。さらに、レポートの作成におけるマナー、文献調査方法と著作権等の扱い、数学的内容に関するプレゼンテーション、数学関連ソフトウェアの基本的な使用法についても触れる。

## ■ 数理科学演習

### 251803 3年次演習（数学）

#### 【到達目標】

- ・ 数学のテキストを読み、正確に内容を理解する能力を身につける。
- ・ 数学の内容を正確に表現する能力を身につける。

【概要】 代数学、幾何学、解析学、応用数理学分野から担当教員と履修者が相談の上でテーマを選び、テキストの輪読、問題演習、討論などを通して、理解を深める。学生が、学習内容をゼミにおいて説明し、討論を通して数学の内容を正確に理解する。



## ■ 講究

### 251804 数学講究

#### 【到達目標】

- ・ 自主的に内容を丹念に確かめながら数学のテキストを読み、内容を正確に理解する能力を身につける。
- ・ 数学の内容を正確に表現し、わかりやすく解説するプレゼンテーション能力を身につける。
- ・ 数理科学の諸問題に対する数学の応用について理解する。

**【概要】** 3年次までの数学の各分野の学習の集大成として、代数学、幾何学、解析学、応用数理学分野から担当教員と履修者が相談の上でテーマを選び、テキストの輪読、問題演習、討論などを通して、理解を深める。学生が主体的に学習を進め、学習内容をゼミにおいて説明し、討論を通して理解を深める。最後に研究成果を卒業研究としてまとめる。これらの学習を通じて、数学に対する理解を深めると共に、数理科学的な問題解決能力を養い、またプレゼンテーションの能力を養う。

## 情報理学専攻

### ■解析学

#### 252103 解析学の応用

##### 【到達目標】

- ・常微分方程式の意味を理解する。
- ・簡単な常微分方程式の解法に習熟する。
- ・自然現象や社会現象を微分方程式を用いてモデル化する方法を理解する。

**【概要】** 微分方程式の初歩的な理論とその応用について学ぶ。微分方程式とは、未知関数とその導関数の間に成り立つ関係式のことである。自然現象や社会現象の裏に潜む法則は、しばしば微分方程式の形に定式化される。ここでは、微分方程式のうち主に常微分方程式、すなわち独立変数が1個の微分方程式を扱い、その数学的理論と解法の初歩的部分について、多くの具体例や問題演習を交えながら解説する。具体例として自然現象や社会現象の数理モデルを取り上げ、解析学の応用の一端に触れる。

#### 252110 情報解析学

##### 【到達目標】

- ・周期関数のフーリエ級数展開について正確に理解し計算できる力を身につける。
- ・デジタル信号の離散フーリエ変換について正確に理解し計算法を身につける。
- ・フーリエ級数や離散フーリエ変換を音声信号などの具体的な現象に適用できるような数理的能力を身につける。

**【概要】** フーリエ解析の基本的事項について、特に情報学への応用を目標に解説する。フーリエ解析は、音や電磁波などの波動現象を数学的に解明する道具である。三角関数から出発して、フーリエ級数、フーリエ変換、離散フーリエ変換などのフーリエ解析の基本的手法について解説した後、その音声信号、電波による通信、信号処理、画像処理などへの応用に言及する。フーリエ解析を通して、解析学の手法が情報学をはじめとする理工学分野で不可欠の言語としての役割を担っていることを認識させる。

### ■代数学

#### 252203 代数学B

##### 【到達目標】

- ・環・群・体の概念を理解する。
- ・イデアル、剰余環、準同型の概念を理解する。
- ・環の準同型定理が述べていることを、具体例を通じて理解する。

**【概要】** 環論からの代数学入門を図る。身近な代数構造である整数を一般化・抽象化することで環の概念を導入し、その基本的な性質を説明する。環の可逆元を考えることで環の単数群が得られ、これにより自然に群の概念へと辿り着く。また、逆元による積として除法を定めることで体の概念を理解できるようになる。イデアル、剰余環、環の準同型写像といった環の基本事項を整数の剰余環などの実例を通じて解説し、環の準同型定理の理解を目標として代数系の理論を学んでいく。

## 252204 情報代数学

### 【到達目標】

- ・ 拡張ユークリッドの互除法を理解し、実行できる。
- ・ 整数の剰余環を理解し、具体的な計算ができる。
- ・ 可逆元概念を理解し、オイラー関数が計算できる。
- ・ 素数位数の有限体とフェルマーの定理を理解する。

**【概要】** 情報科学に適用されている代数学について学ぶ。現在のコンピュータネットワークの時代では、データセキュリティやデータの完全性が基本的な重要性を持つ。その要請に答えるべく、暗号理論、符号理論が展開されてきたが、それらは線形代数学、数論、群論などに基づいている。この授業では初等整数論を通じて整数の剰余環や素数位数の有限体の基本的な性質を説明するとともに、実践的な計算方法についても詳しく解説する。続いて、暗号や誤り訂正符号の基本を解説し、実社会に適用されている代数学の結果について触れる。

## ■幾何学

## 252303 グラフ理論

### 【到達目標】

- ・ グラフの概念及びその離散数学的な取り扱いを習得し、グラフ理論における標準的な専門知識を習得する。
- ・ グラフ理論の典型的な応用例とそのアイデアを理解する。

**【概要】** ある2つの集合において、一方の集合から他方の集合の適当な2元部分集合族への写像が定める組み合わせ構造をグラフと呼び、グラフ理論とは、グラフを特に離散数学の立場から調べる研究領域である。グラフ理論は、現代数学のみならず自然科学全般にわたりその離散構造の基幹を成し、幅広く応用されている。この講義では、グラフ理論の基礎事項について解説するとともに、幾つかの応用例を紹介する。

## 252304 幾何学A

### 【到達目標】

- ・ 位相空間の同相関係を通して、トポロジーの考え方を理解する。
- ・ トポロジーの数学的理論を通して、柔軟な思考力と論理的な考察力の双方を身につける。
- ・ 様々な幾何学的対象を通して、図形の把握力及び数理的空間認識力を身に付ける。

**【概要】** トポロジー(位相幾何学)とは、図形を連続的に変形させて形や大きさをまるで変えてしまっても、なお保たれている性質を調べる幾何学である。長さや角度といった図形の「形」や「大きさ」に関わる目に見える情報を無視し、目に見えない情報を調べることでその図形の性質を明らかにする。この講義では、我々のまわりに満ち溢れている様々な図形を通して、トポロジーの発想及びその数学的理論の初歩について解説する。

## ■情報科学

### 252501 情報学概論

#### 【到達目標】

- ・情報科学の各分野を勉強していくための基礎知識を身につける。
- ・コンピュータで扱われている数値の表現方法を理解する。
- ・論理演算のしくみを理解する。

**【概要】** 情報科学とは何か、人間の歴史における情報活動の変化やコンピュータの歴史など一般的な事柄、コンピュータの基本構成（アーキテクチャ）について概説し、何気なく使っているコンピュータについて理解を深める。次に、情報の大きさについての尺度となる情報量について学ぶ。さらにコンピュータでの情報の表現方法（補数表現、文字コード）、コンピュータの言語と考え方（プログラミング、アルゴリズム）について解説し、演習問題を通して理解を深める。

### 252502 アルゴリズムとデータ構造

#### 【到達目標】

- ・アルゴリズムとデータ構造を理解する。
- ・アルゴリズムを具体例に適用できる。
- ・アルゴリズムの時間計算量を理解する。
- ・データ構造を用いて記述したアルゴリズムのプログラムを読んで理解できる。
- ・データ構造を用いてアルゴリズムのプログラムを作成できる。

**【概要】** 情報処理科目の「情報処理技法(Cプログラミング)II」、「情報処理技法(Javaプログラミング)II」、および学科科目の「プログラミング」に続く科目である。良いプログラムを作成するためには、適切なアルゴリズムとデータ構造を選択する必要がある。そのため、リストや木などを用いた基本的データ構造、整列や探索などの基本的アルゴリズムとその計算量などについて、コンピュータを用いた演習を交えながら講義する。基本事項の習熟に重点を置く。

### 252503 ネットワーク I

#### 【到達目標】

- ・情報通信ネットワークの基礎を理解する。
- ・情報通信ネットワークの具体的な利用法を習得する。

**【概要】** 情報通信ネットワークについて理解することを目標とする。普段、何気なく使っているコンピュータがネットワークで結ばれることにより、どのようなことができるようになるか、メールはどのような方法で送受信されるのか、Web ページはどのようにして表示されるのか、ということも含めて、ネットワークシステム（ネットワークの基礎・構築・運用）

について学習する。さらに、コンピュータを用いた実習を通して、TCP/IP 等によるネットワークシステムの具体的な利用法を体得する。

## 252504 プログラミング

### 【到達目標】

- ・コンピュータ言語の仕組みを理解する。
- ・簡単なプログラムを作成する知識・技能を習得する。
- ・プログラムに用いられるアルゴリズムについての知識を習得する。

**【概要】** コンピュータに作業させるには、プログラムを書いて実行させる必要がある。プログラムとは何か、プログラムを実行させるとはどういうことかを、実際にプログラムを作成し、結果を確認することで理解する。どのような処理を行うプログラムを作成したいか、そのためにはどのような順序で何を書けばよいか、アルゴリズムを考えながら作成する。なお、取り上げるプログラミング言語はPython, C, Java など一般的によく用いられる言語の中から1つを指定する。

## 252505 数値計算

### 【到達目標】

- ・数値計算のアルゴリズムを理解する。
- ・アルゴリズムに基づき、電卓などを用いて数値計算ができる。
- ・数値計算のプログラムを読んで理解する。
- ・数値計算のアルゴリズムの性質や誤差を理解する。
- ・数値計算のプログラムを作成する。

**【概要】** 自然科学、社会科学、工学などの問題をモデル化し数学の問題として定式化した後、場合によっては数値計算により近似解を求めたり、数値計算を用いた可視化を行う。本講義では問題解決のために数値計算を利用する上での初歩的な事項や数値計算法を理解し修得することを目的とする。各項目に対し数学的背景を述べた上で、アルゴリズムは素朴なものと標準的なものを取り上げる。それぞれのアルゴリズムに対し、電卓やコンピュータを用いた実習を行う。

## 252506 マルチメディア概論

### 【到達目標】

- ・アナログとデジタルの違い、原理を理解する。
- ・文字、画像、音声などのマルチメディアについての原理とコンピュータでの加工技術について理解する。

**【概要】** マルチメディアの学習・体得をめざし、デジタル化の原理、および、そこから派生するさまざまな応用について講義を行う。コンピュータはアナログデータを処理するこ

とはできない。そのため長い間、人間とのインターフェースには文字をその媒体としてきた。近年、コンピュータが高性能になりアナログをデジタル化することによりコンピュータ処理が可能になった。文字に限らず画像、音声など、多彩な情報伝達手段がマルチメディアである。このような原理を理解した上で、加工技術などのコンピュータ処理をする実習を行う。

## 252507 ソフトウェア工学

### 【到達目標】

- ・ソフトウェア開発の全体について、基本的な考え方を理解する
- ・ソフトウェアの様々な側面について適切な記述方法で記述する方法を理解する。
- ・簡単な例題について、ソフトウェアの設計を記述できる。

**【概要】** 現代社会において、ソフトウェアは社会の活動を支えるインフラのひとつになっている。このような重要なソフトウェアを高品質に、計画的かつ効率的に開発するための理論とその実践的技術がソフトウェア工学である。本講義では、ソフトウェア開発とは何か、どのような問題があり解決のためにはどんな技術があるのかという観点から、ソフトウェア工学の基礎を広く学ぶ。特に、ソフトウェアの設計に関する技術について重点的に学ぶ。

## 252508 情報と職業

### 【到達目標】

- ・教職課程にこの科目が設置されたことの重要性や意義を理解する。
- ・情報社会に関するさまざまな調査資料や白書などを見て、職業や労働の状況についての理解を深める。
- ・情報社会での働き方、職業人としての生き方に対して、自分なりの心構えを持つことができる。

**【概要】** 情報を学ぶ生徒・学生が情報関連の職種へ就職する場合に必要な進路指導のあり方について学ぶ。情報社会における産業構造と職業構造の変化、情報関連職種への就業に必要な基礎知識、および、情報関連分野の業務内容について解説する。その上で、情報関連職種に就業することの実情を多面的に理解させることを通じて、職業適性について考え、職業人としての役割や責任を自覚することの重要性を説く。さらに、職業意識や倫理観、情報関連職種のキャリアパス、専門性の習得など、情報社会における人材育成のあり方について説く。

## 252509 ネットワークⅡ

### 【到達目標】

- ・情報通信ネットワークの原理・制御法を理解する。
- ・設計、制御のための基礎理論である待ち行列理論を理解する。
- ・設計、制御のための基礎理論であるグラフ理論を理解する。

**【概要】** 「ネットワークⅠ」に引き続き、情報通信ネットワークについて講義する。コンピュータの通信システムの基礎となる TCP/IP を中心に、どのような原理で通信パケットが流れていくのか、情報通信ネットワークの原理と構築、運用について、具体的な実習を交えながら講義を行う。ネットワークの構成、アーキテクチャについて学んだ後、設計・制御のための基礎理論である、待ち行列理論、グラフ理論について学習する。

## 252510 オペレーティングシステム

### 【到達目標】

- ・オペレーティングシステムとは何かを理解する。
- ・オペレーティングシステムの役割を理解する。

**【概要】** オペレーティングシステムについて、プログラムや CLI（コマンドラインインターフェース）の実習を交えながら講義を行う。コンピュータのソフトウェアの根幹をなすのがオペレーティングシステム（OS）である。OSはさまざまな役割をもっている。これらの役割を理解させることを目標とする。すべてのプログラムはOSの補助無くしては動かない。また、OSは、たくさんのタスクを効率よく処理していくためのサポーターとしての役割も担う。さらに、マン・マシンインタフェースとしての役割もある。他にも計測・制御の分野でもOSの力が必要になる。

## 252511 データベースA

### 【到達目標】

- ・リレーショナルデータベースの基礎について、体系的に理解する。
- ・リレーショナルデータベースの設計方法について理解し、適切に設計できる。
- ・SQLを用いて、リレーショナルデータベースへの問合せを行うことができる。

**【概要】** 現代社会においては、社会活動から生み出される“情報”が大きな価値を持つが、この情報を有意義に活用するための鍵を握る要素のひとつがデータベースシステムである。本講義ではデータベースシステムの基礎について、主に実践面から習熟することを目的とする。リレーショナルデータベースを中心に、データモデル、DBMS の基礎を学び、実習を交えながら実際にデータベース設計等を行う。

## 252512 データベースB

### 【到達目標】

- ・リレーショナルデータベース管理システムについて、そのアーキテクチャや機能の基礎を理解する。

- ・リレーショナルデータモデルについて理解する。
- ・リレーショナルデータベースの設計について、正規化の理論を理解し、適切な正規化ができる。

**【概要】** 現代社会において重要な“情報”を有意義に活用するためにはデータベースシステムが不可欠であるが、単に利用方法がわかるだけではなく、理論面からも正しく理解していることが大切である。本講義ではデータベースシステムの基礎について、理論面から理解することを目的とする。リレーショナルデータベースを中心に、データモデル、正規化の理論、DBMS のアーキテクチャ、トランザクション管理等を学ぶ。

### 252513 オートマトン

#### 【到達目標】

- ・オートマトン理論について理解する。
- ・コンピュータにおける計算の原理を論理的に理解する。

**【概要】** オートマトンとは、コンピュータの動作をモデル化したもので、ある入力に対し、定められた処理を実行し、結果を出力するシステムである。これを状態遷移図と呼ばれる図を用いて表現する。オートマトンが受理する形式言語には、正規言語や文脈自由言語がある。この講義では、有限オートマトンとプッシュダウンオートマトンをとりあげ、その仕組みや動作、受理する言語との関係について解説する。また、計算機で解くことのできる問題とできない問題についても触れる。

### 252514 計算幾何学

#### 【到達目標】

- ・計算幾何学における代表的な問題を理解する。
- ・問題を解くために使われるアルゴリズムを理解する。

**【概要】** 計算幾何学の基礎について講義する。幾何学的な問題を解くために効率の良いアルゴリズムやデータ構造を見つけ問題を解くのが計算幾何学である。この分野で扱われている様々な問題のうち、凸包問題、ドロネ三角形分割問題、線分交差問題、ボロノイ図、美術館監視問題、最短路問題、ナップサック問題、巡回セールスマン問題など良く知られた問題を取り上げ、基本的な概念を解説し、最適解を得るための様々なアルゴリズムについて説明する。理解を深めるため、実習を行うこともある。

### 252515 情報学特論

#### 【到達目標】

- ・トピックとして取り上げられたテーマを通して、情報学の考え方を理解する。
- ・テーマに関する数理科学的知識を習得する。
- ・科学的、論理的な思考力を身につける。



**【概要】** 情報学に関する話題について、その時々最新のテーマを取り上げ解説を行うことにより、情報学の考え方についての理解を深めることを目的とする。また、取り上げられたテーマに関する数理科学的知識の習得も合わせて行う。具体的なテーマは開講年度によって異なるが、コンピュータを利用したデモンストレーションや実習を行うことにより理解を深め、その過程で科学的、論理的思考力を身に付ける。

## ■応用数学

### 252601 物理学概論

#### 【到達目標】

- ・物理学という科学的方法を用いた自然の理解の全体像を理解する。
- ・物体の運動を記述する力学的記述、波の現象と熱現象、電磁気現象について理解する。
- ・実験を通じて、楽しみながら実際の現象について理解する。

**【概要】** 自然現象を客観的に基本法則に基づいて理解しようとする物理学の考え方をできるだけ平易に解説する。力を受けた物体がどのように運動するか、波動の基本的な性質、熱・温度とは何かなどについて解説する。次に、電気や磁気に関わる現象を考える。日常的な現象から、極微の世界、広大な宇宙の果てまでを記述する物理学の基本的事項になじむことを目標とする。

### 252602 化学概論

#### 【到達目標】

- ・化学の初歩的な基礎概念を理解する。
- ・ものごとを化学的に捉えるための素養を身につける。

**【概要】** 原子の構造、電子の挙動、元素の性質と周期表、化合結合の形態、化合物の性質、化学反応とエネルギー、化学反応と速度などについて学ぶ。また、物質の気体、液体、固体、溶液の状態と性質を理解する。これらの基礎を踏まえて、化学の領域全体を対象として化学の視点からの理解を深める。更に、現代化学の潮流にも触れながら、日常生活に於ける身近な化学現象の重要性を認識する。尚、授業の一部として化学実験室での実験を行なう場合がある。

### 252603 生物学概論

#### 【到達目標】

- ・生命現象に関する基礎的知識を体系的に習得する。
- ・生物学の視点から生命現象を統一的に理解する。
- ・実験を通して知識を実感の伴ったものとして身につける。

**【概要】** 生命現象について、さまざまな生物に共通する側面に重点をおいて、基礎的知識

の習得をめざす。そのことにより関連科目の理解を容易にする。講義内容としては、細胞、物質代謝、呼吸と光合成、生殖と発生、環境に対する反応と調節、遺伝など、広範な話題をとりあげるが、他の専門科目でとりあげる内容については簡潔な解説にとどめる。講義に加えて数回の実験を行う。

## 252604 力学

### 【到達目標】

- ・ 先ず単純化された1次元的な運動について、運動の基本法則を理解する。
- ・ 次に、実際の3次元空間における運動に一般化し、保存則とはどのようなものか理解する。
- ・ 実験を通じて、楽しみながら実際の力学現象について学ぶ。

**【概要】** 物理学のみならず自然科学全分野の基礎といえる力学について解説する。特に、力学の諸法則が微積分を用いて簡潔に記述されることを解説する。まず単純化された1次元的な運動に関して、運動方程式、エネルギー保存則を説明し、次にベクトルを用いて3次元の問題に一般化し、運動量保存則、角運動量保存則とその応用について解説する。見かけの力である慣性力の話題について取り上げることもある。

## 252605 電磁気学

### 【到達目標】

- ・ 先ず、静止している電荷、すなわち静電気によるクーロン力と電場（電界）、電位、静電エネルギー等について理解する。
- ・ 次に電流によって生じる磁気の様々な性質について理解する。
- ・ 実験を通じて、楽しみながら実際の電磁気現象に親しみ、理解する。

**【概要】** 電磁気学の基礎について講義する。静止している電荷の間に働くクーロン力は、電荷が作る電場から他の電荷が力を受けることによって生じる、ととらえることができる。この電場により生じる位置エネルギーである電位、静電エネルギー、等に関して解説する。さらに電荷の運動、すなわち電流が磁場を作り出すことを議論する。余裕があれば、これら全ての電磁気学の法則を集大成したマクスウェル方程式から電磁波（光）の存在が帰結されることを簡単に解説する。

## 252606 物理化学

### 【到達目標】

- ・ 気体の状態方程式、気体の分子運動論、熱力学などの原理と法則を理解する。
- ・ 自然現象を科学的に捉える基礎力を身につける。

**【概要】** 自然現象の解明から最新の科学と技術に至るまで、多くの分野に重要な物理化学の基礎を学ぶ。その中でも特に重要な、気体の状態方程式、気体の分子運動論、熱力学の各

法則に注目し、目に見えない分子の挙動などのマイクロな現象をマクロ的に捉えた理論的解釈とその実験的検証を経て法則の確立へと導かれる過程を解き明かす。物理化学特有のアプローチを学びながら自然現象の理解を深めて行く。尚、授業の一部として化学実験室での実験を行う場合がある。

## 252607 相対性理論

### 【到達目標】

- ・相対性理論の考え方に触れ、走ると物体の長さが縮み、時計が遅れる等の、相対性理論特有の現象がいかんして導かれるのか理解する。
- ・もう一つの帰結として、物質がエネルギーに変わり得ること、それが太陽の発する莫大なエネルギーの起源であることを理解する。

**【概要】** 相対性理論について講義する。相対性理論によると光速は観測者によらず一定である。この光速不変性から、運動すると時計が遅れるといった、一見不思議な結論が得られることを解説する。その際、観測者に依り時間・空間座標がどう変換されるかを記述する「ローレンツ変換」を導出する。また、質量とエネルギーの等価性とその帰結についても議論する。 余裕があれば一般相対性理論にも簡単に触れたい。

## 252608 量子力学

### 【到達目標】

- ・現代物理学の大きな柱のひとつである量子力学の考え方を身につける。
- ・最も基本的な方程式であるシュレディンガー方程式の意味とその応用法を理解する。
- ・実験を通じて日常生活における量子力学的現象を楽しむ。

**【概要】** 現代物理学の柱のひとつである量子力学を入門から平易に解説する。原子・分子のマイクロの世界では、光の様に古典的には波だと思われていたものが粒子性を示し、逆に電子の様な粒子だと思われていたものが波の性質を示すことを解説する。量子力学における基本的な運動方程式であるシュレディンガー方程式を導出し、これを用いて、束縛状態においてはエネルギーが離散的になること、またトンネル効果といった量子力学特有の現象が起きること等を解説する。

## 252609 数理化学

### 【到達目標】

- ・理論化学による化学結合、分子構造、化学反応などの理解。
- ・化学現象を論理的に捉える基礎力を身につける。

**【概要】** 理論化学の観点から化学結合、分子構造、化学反応を解明するための基礎を学ぶ。量子化学の発展過程を辿りながら、電子の波動としての挙動を取り入れた原子や分子の構造を理解する。その上で、電子の授受の仕方によって決まる化学結合とそれによって作られる分子の

形についての理解を深める。また、化学反応に特有の数学的手法を用いる化学反応学の基礎を理解することによって、各種素反応から成り立っている複雑な化学反応の速度式を導く方法を理解する。それらを体系的に学ぶことから化学現象を総合的に捉えることができるようになる。

#### 252610 生物学特論 A

##### 【到達目標】

- ・生物学の特定分野について基礎的知識を習得する。
- ・特定分野を深く知ることにより生物学の考え方を理解する。
- ・具体的な研究方法を知ることにより生物学における結論の導き方を学ぶ。

**【概要】** この科目では、分子、細胞、個体、生物群集など生物の異なるレベルを対象とする分子生物学、遺伝学、生理学、生態学、進化生物学など生物学のさまざまな分野から特定の分野を選び、その分野について深く学ぶ。講義では、基礎的な概念から最先端の研究成果までを解説する。また、研究に必要なデータを得るための研究法、データの分析法などについても、具体的事例を用いて解説する。

#### 252611 生物学特論 B

##### 【到達目標】

- ・生物学と情報との関わりについて基礎的知識を習得する。
- ・生物学における情報の整理・分析の方法や考え方を学ぶ。
- ・生物にとっての情報のもつ重要性を理解する。

**【概要】** この科目では、データベースなどに蓄積された大量の情報を整理・分析することによって研究が進められる生物分類学や保全生物学などの分野、あるいは生物個体の体内や個体間における情報伝達について研究する脳科学や行動生態学などの分野を取り上げ、生物学において、情報を活用して得られる成果や生物にとって情報のもつ意味について解説する。

#### 252612 現代化学 A

##### 【到達目標】

- ・生命化学についての初歩的な基礎を理解する。
- ・生命現象を化学の視点から理解できる素養を身につける。

**【概要】** 化学の最新分野についてわかり易く説明し、その根底にある基礎的な概念や理論を学ぶ。ここでは主に生命現象を化学の視点で捉える生命化学をとりあげる。人体内の生体分子や酵素などによる生命を維持するための機能について理解し、それらが連携して生命全体を支える仕組みについて学ぶ。また、従来の生化学に加えて、基礎化学を応用して生命現象を理解する新しい分野である化学生物学にも注目しながら最新の研究成果についても学ぶ。

## 252613 現代化学B

### 【到達目標】

- ・現代の最新化学の動向を理解する。
- ・様々な分野に於ける化学の役割について理解し、その価値について自分なりの判断ができる素養を身につける。

**【概要】** 化学に関わる最新の分野についてわかり易く説明し、その概念や理論を学ぶ。ここでは、最近の研究動向から、私達にとって重要な化学的現象で初めて解明されたものや、新しい機能をもたらすことができる化合物について幅広くとりあげる。例えば、環境・エネルギー問題の対策に寄与する化合物、医療に貢献する新材料、医薬品の開発、食品や化粧品などの日常生活に関わるものなどである。それらの基盤を成す新しい化学の研究と開発の進展に注目すると同時に、その有効性、安全性、問題点についても考える。

## 252614 現代生物学A

### 【到達目標】

- ・生態学に関する基礎的知識を習得する。
- ・生命現象を個体レベル以上で捉える考え方を理解する。
- ・生態学研究で用いられる基本的な計算ができる。

**【概要】** この科目では、マクロ生物学の分野から生態学を学ぶ。生態学は、生命現象を個体群、群集、生態系など、個体レベル以上で捉え、研究する分野である。講義内容としては、個体群（個体群構造、個体数変動とそのメカニズムなど）、種間関係（競争と共存、捕食・被捕食、寄生など）、生物群集（ニッチ、群集構成、群集多様性など）、生態系（構造、食物網、エネルギー流、物質循環、地球上にみられる多様な生態系の特徴と分布）などの話題をとりあげる。

## 252615 現代生物学B

### 【到達目標】

- ・生命現象を化学の視点から理解する。
- ・核酸やタンパク質などの情報高分子の構造と機能等、分子生物学の基礎を習得する。
- ・遺伝子工学の成果の適用などについて科学的に理解する。

**【概要】** この科目では、ミクロ生物学の分野から分子生物学を学ぶ。生命現象を分子レベルで解明しようとする分子生物学について、基礎的な内容の解説を行う。多くの生体分子は、比較的単純な単位の分子が長くつながって組み立てられた高分子である。核酸やタンパク質などの情報高分子について、化学の視点からその構造や特性について学ぶ。さらに、それらを介した遺伝情報の複製や伝達機構等について学ぶ。また、分子生物学の進歩により発達してきた遺伝子工学など、最新の研究成果にも触れる。

## 252616 現代物理学 A

### 【到達目標】

- ・量子力学の基礎的な理解に基づき、現実的な系にこれを応用する仕方を習得する。
- ・熱力学の基本的概念を習得する
- ・基礎的な量子力学の知識に基づき、統計力学の基本的概念を理解し、その応用の仕方を習得する。

**【概要】** まず、量子力学に関する基礎的事項を代表的な現実的力学系（水素原子等）に適用する手法について解説する。次に、物理学の重要な分野である熱力学、統計力学について、その基本的な概念や事柄を、量子力学の基礎的事項を踏まえて紹介する。現実の物質は非常にたくさんの原子、分子の集合体であるために統計的性質が現れる。統計的手法を用いて、例えば温度、圧力、磁荷等の物質の持つ様々な性質（物性）について議論する。

## 252617 現代物理学 B

### 【到達目標】

- ・物理学、特に現代物理学の法則が数学的にどのように簡潔に表されるのかについて理解する。
- ・現代物理学において、数学的手法によりどのような重要な物理的帰結が得られるかを理解する。

**【概要】** 特に現代物理学において、物理学の法則がどのように数学的に表現されるか、また逆に、数学的な手法を適用することで、どの様に重要な物理学的帰結がもたらされるのかについて解説する。採り上げるトピックの例としては、弦の振動を用いた波動方程式の導出、固有振動の重ね合わせとしてのフーリエ級数、相対論的量子力学におけるクライン・ゴルドン方程式、シュレディンガー方程式の持つゲージ対称性、対称性と群論、余裕があれば局所ゲージ対称性と素粒子の相互作用、といったものが挙げられる。

## 252618 数理生物学

### 【到達目標】

- ・生物学における数理的手法の考え方を理解する。
- ・基礎的・代表的な数理モデルを理解する。
- ・数理モデルを用いた基本的な計算ができる。

**【概要】** 数理生物学は、数理モデルの構築、解析、計算機シミュレーションなどによって生命現象を研究する分野である。講義内容は、動植物の行動や分布、個体数変動、種間関係、生物群集・生態系の挙動、進化過程などのマクロ生物学の分野、および生物個体内部で起きる生化学的反応の分子機構、個体発生の機構、神経ネットワークの機能などのマイクロ生物学の分野から取り上げ、数理モデルおよびモデル構築に必要な数学について講義および演習を行う。

## ■ 数理科学シミュレーション

### 252701 シミュレーション A I

#### 【到達目標】

- ・ 数理モデルとシミュレーションの基礎について理解する。
- ・ 数値シミュレーションに必要な数値計算法の基礎を習得する。

**【概要】** 数理モデルとシミュレーションの基礎について理解することを目標とする。自然現象などをモデル化して現れる方程式を数値計算によって解き、その現象のシミュレーションを行うことを数値シミュレーションという。数値シミュレーションは、コンピュータの発展に伴い様々な分野でその重要性を増し、実験とともに理論を検証するための非常に重要な位置を占めるに至っている。この授業では、数理モデルやシミュレーションの基本について、できるだけコンピュータを用いた実習を取り入れながら学習する。

### 252702 シミュレーション A II

#### 【到達目標】

- ・ 数理モデルとシミュレーションの基礎について十分に理解する。
- ・ 基礎的な数値シミュレーションのプログラムを作成できる。

**【概要】** 「シミュレーション AI」に引き続き、数理モデルとシミュレーションの基礎について理解することを目標とする。数値シミュレーションは、(1) 解析対象となる現象をモデル化し、微分方程式で表現する、(2) 微分方程式を有限差分法や有限要素法によって離散化し、コンピュータで計算可能な線形方程式で近似する、(3) 線形方程式をコンピュータで解く、といったプロセスで実行される。この授業では、これらのプロセスの基本について、コンピュータによる実習も含めて学習する。

### 252703 シミュレーション B I

#### 【到達目標】

- ・ 数理モデルとシミュレーションの基礎について理解する。
- ・ 様々な不確かさを持つ実現象を対象に、確率論的モデルの有用性を理解する。
- ・ 基礎的な数値シミュレーションのプログラムを作成できる。

**【概要】** 不確かさを持つ実現象を確率的な数理モデルとして表現し、コンピュータシミュレーションにより解析を行うための手法を学習する。バスの待ち時間、事故の発生確率など具体的な問題をいくつか取り上げ、数理モデルとシミュレーションプログラムの構築を通して、その重要性を理解する。主に、擬似乱数を用いたモンテカルロ法、ベイズ推定などの手法を学ぶ。数値シミュレーションを行うための計算機科学に関する知識を習得するために、コンピュータを利用した実習を取り入れながら講義を進める。

## 252704 シミュレーションBⅡ

### 【到達目標】

- ・数理モデルとシミュレーションの基礎について十分に理解する。
- ・様々な不確かさを持つ実現象を対象に、確率論的モデルを構築できる。
- ・基礎的な数値シミュレーションのプログラムを作成し、その結果を解析することにより、現象を理解する能力を身につける。

**【概要】** 「シミュレーションBI」に引き続き、確率現象のモデル化とシミュレーションについて講義する。待ち行列モデル、一般線形モデル、ベイズフィルターなどの中からいくつかを取り上げて解説し、それらをコンピュータに実装するためのアルゴリズムとプログラミングの方法を学ぶ。コンピュータネットワークの性能解析、センシングデータからの状態推定など具体的な問題をいくつか取り上げて数理モデルとシミュレーションプログラムを作り、それを用いたシミュレーションの結果を解析することにより、モデル化とシミュレーションの有用性を学ぶ。

## 252705 シミュレーションC

### 【到達目標】

- ・数理モデルとシミュレーションの基礎について理解する。
- ・基礎的な数値シミュレーションのプログラムを作成できる。
- ・化学に関する各種現象の数理モデルを理解する。

**【概要】** 化学に関するテーマを対象に、各種現象を数理モデルとして表現し、コンピュータシミュレーションにより解析を行うための手法を学習する。化学反応、分子動力学、量子化学、計算化学、理論化学などのうちから具体的な問題をいくつか取り上げ、数理モデルとシミュレーションプログラムの構築を通して、その重要性を理解する。数値シミュレーションを行うための計算機科学に関する知識を習得するために、コンピュータを利用した実習を取り入れながら講義を進める。

## 252706 シミュレーションD

### 【到達目標】

- ・数理モデルとシミュレーションの基礎について理解する。
- ・基礎的な数値シミュレーションのプログラムを作成できる。
- ・生物学に関する各種現象の数理モデルを理解する。

**【概要】** 生物学に関するテーマを対象に、各種現象を数理モデルとして表現し、コンピュータシミュレーションにより解析を行うための手法を学習する。分子生物学、生体計測学、生命科学、人工生命、生態学などのうちから具体的な問題をいくつか取り上げ、数理モデルとシミュレーションプログラムの構築を通して、その重要性を理解する。数値シミュレーションを行うための計算機科学に関する知識を習得するために、コンピュータを利用した実習を取り入れながら講義を進める。



## ■ 基盤演習

### 252801 1 年次演習（情報理学）

#### 【到達目標】

- ・プログラミングの基本的な概念を理解する。
- ・数学に関連するソフトウェアの基本的な使用法を習得する。
- ・大学において現代の数学を学ぶために不可欠である、論理記号の取り扱い、及び数学的内容の簡潔な表現方法を身に付ける。
- ・レポート作成のマナー、文献調査方法、著作権等の扱い、プレゼンテーションなど、知的思考活動における基本的能力を身に付ける。

【概要】 数理科学科情報理学専攻において情報学を深く学んでいくための初年度教育として、プログラミングの基本的な概念を理解し、簡単なプログラムを作成する。また、数理科学の教養を幅広く身に付けるため、数学において抽象概念を簡潔かつ的確に記述するために欠かせない論理記号及びその使用法、並びに現代の数学における基礎的な言語である集合と写像の概念及びその数学的取り扱いについての解説を行なう。さらに、レポートの作成におけるマナー、文献調査方法と著作権等の扱い、数学的内容に関するプレゼンテーション、数学関連ソフトウェアの基本的な使用法についても触れる。

## ■ 数理科学演習

### 252802 2 年次演習（情報理学）

#### 【到達目標】

- ・情報学の学びにおいて必要となる基礎的な数学の知識を習得する。
- ・情報学の学びにおいて必要となる基礎的なプログラミングスキルを習得する。
- ・演習を通して、情報学における数理科学的手法の特質を理解する。

【概要】 「1 年次演習（情報理学）」に引き続き、数理科学科情報理学専攻で情報学を深く学んでいくために必要となる数理的手法、およびプログラミングの方法について解説と演習を行う。特に、数理科学シミュレーション科目である「シミュレーション A～D」を履修する上で必要となる数学の知識およびプログラミングに関する解説に重点を置き、コンピュータを利用した実習を取り入れながら講義を進める。「3 年次演習」の準備となることも意図する。

### 252803 3 年次演習（情報理学）

#### 【到達目標】

- ・情報科学、自然科学のテキストを読み、正確に内容を理解する能力を身につける。

- ・情報科学、自然科学の内容を正確に表現する能力を身につける。

**【概要】** 情報科学、自然科学の分野から担当教員と履修者が相談の上でテーマを選び、テキストの輪読、問題演習、プログラム作成、実験、討論などを通して、理解を深める。学生が、学習内容をゼミにおいて説明し、討論を通して内容の理解を深める。

## ■ 講究

### 252804 情報理学講究

#### 【到達目標】

- ・テキストの内容を丹念に確かめながら正確に読む能力を身につける。
- ・テキストや課題の内容を正確に表現し、分かりやすく解説するプレゼンテーション能力を身につける。
- ・情報科学、自然科学の特定のテーマについて深く理解し、問題解決力、応用力を身につける。

**【概要】** 3年次までの情報理学の各分野の学習の集大成として、情報科学、自然科学の分野から担当教員と履修者が相談の上でテーマを選び、テキストの輪講、演習、プログラム作成、実験、討論などにより理解を深める。学生が主体的に学習を進め、最後に1年間の学習成果をまとめる。これらの学習を通じて、計画立案、問題解決、プレゼンテーションの能力を養う。