

## 医生物学への数学・情報科学の応用

### 授業概要

単一の受精卵から成体にいたる発生過程や、成体における構造と機能の関連、さらにそれら正常な状態からの逸脱としての先天異常、がん、生活習慣病などの疾病における複雑な生命現象の解析・理解に、数学・情報科学を応用することが試みられている。この科目では、その基礎となる数学・情報科学の理論とその応用例、また医生物学から提起される多様なニーズについて学ぶ。

### 担当教員

大谷 浩 (主担当)	教 授・医学系研究科医科学専攻	発生生物学
廣田秋彦	教 授・医学系研究科医科学専攻	神経・筋肉生理学
山口修平	教 授・医学系研究科医科学専攻	内科学第三
小野田慶一	講 師・医学系研究科医科学専攻	内科学第三
内藤貫太	教 授・総合理工学研究科総合理工学専攻	数理科学領域
中西敏浩	教 授・総合理工学研究科総合理工学専攻	数理科学領域
平川正人	教 授・総合理工学研究科総合理工学専攻	情報システム学領域
山田拓身	准教授・総合理工学研究科総合理工学専攻	数理科学領域
齋藤保久	准教授・総合理工学研究科総合理工学専攻	数理科学領域

### 一般目標

1. 医生物学における正常およびがんを含む異常な生命現象の理解のために数学・情報科学が応用できること、また応用すべき多様なニーズが存在することを理解する。
2. 生命現象の解析と理解へ応用される数学・情報学の種々の理論の基本的な概念とそれぞれの有用性を理解する。

### 行動目標

1. 医生物学へ応用される数学・情報学の理論を例示して、その基本的な概念と有用性を説明できる。
2. 数学・情報学の理論を応用できると考えられる医生物学における正常あるいは異常な生命現象を挙げて、応用すべき理論とその有用性の可能性について説明できる。

### 教育内容

1. 統計的検定論(Theory of Statistical Test) (内藤)  
統計的検定の一般理論について概観した後、生物領域で頻繁に用いられる2標本検定についてその理論的背景を解説する。
2. 探索的データ解析(Exploratory Data Analysis) (内藤)

推定・検定といった推測理論に固執することを避け、データの背後にある構造を探索する立場から開発された手法について解説する。

3. 高次元小標本問題(High Dimension Low Sample Size problem) (内藤)  
遺伝子発現データなどに見られる、変数の数(次元)がサンプルサイズ(標本数)より大きい場合のデータ解析について解説する。
4. ベジエ曲線とベジエ曲面(山田)  
CG等における画像の作成などには多くの曲線や曲面がもちいられており、平行移動、拡大・縮小などで、曲線や曲面を容易に移動できるようにすることが望まれる。これをおこなえるベジエ曲線、曲面について説明する。
5. 感染症数理の基礎理論(齋藤)  
感染症の数理疫学(mathematical epidemiology)は、応用数学として興味深く、かつ社会的な要請という実践的観点からも近年ますます重要になってきている。本講義では、同分野に現れる基礎的な数学について解説する。
6. 数学と形の科学(中西)  
等角写像や擬等角写像を用いた図形や物の形態の変形の定量化や、複雑な図形を記述するためのフラクタルやカオス理論などの用語について解説する。反復写像系が生み出すフラクタル図形が自然界のさまざまな形を模倣している様子を観察する。
7. コンピュータと人間とのかかわり(平川)  
人間の立場からコンピュータを解釈しようとする考えについて、発展経過を時系列に整理し、併せて将来展望についても言及する。
8. 正常な形態形成およびその異常を理解するための数理解析の応用の可能性(大谷)  
多細胞体制からなる動物の発生過程において、個々の細胞の増殖・死、位置関係の変化などにより、種特有の形態形成と豊かな個体差が生じ、さらにはがんを含む異常が起こるメカニズムについて、主に形態学の側面からみた数理解析の応用のニーズを例示し、解説する。
9. 膜電位の光学的測定におけるコンピュータ処理によるアーティファクトの除去(廣田)  
膜電位の光学的測定を用いて *in vivo* の脳から膜電位を測定すると、心拍動や呼吸に由来する大きなアーティファクトが重畳してくる。このような生体活動に由来するアーティファクトを、同時記録した心電図、脳波、呼吸モニターなどのシグナルを用い、コンピュータ処理により除去する取り組みを紹介する。
10. 脳機能画像による高次脳機能評価手法(山口 修平)  
記憶や注意といった高次脳機能はいかなる脳内神経ネットワークに支えられているか。このことを解明する上で脳波および機能的MRIは極めて強力な脳機能画像的手法である。その実験と解析に必要な神経心理学的パラダイムと脳機能画像の数理統計学的な原理について概説する。
11. 計算論モデルを用いた脳機能解析(小野田)  
脳のマクロシステムに対して、強化学習理論やグラフ理論などの計算論モデルを適用した最近の知見について概説する。fMRIによって測定した脳活動データの解析を紹介し、医学への応用可能性を検討する。
12. 上皮管腔組織の形成における極性制御(大谷)  
身体を構成する中枢神経系、消化器系、呼吸器系、泌尿器系、生殖器系などは上皮管腔組織としての共通性と各系における特異性を併せ持つ。その形成過程を細胞の極性制御の面から考察し、細胞・組織・器官・個体レベルにおける正常と異常なパターンの形成を包括的に説明する試みについて解説する。
13. 多変量解析による胎生期の調和的な臓器形態形成過程の解析(囑託講師)

複数の臓器の調和的発生様式を多次元尺度法・クラスター分析などの多変量解析により調べる方法とその意義を説明する。また、胎児臨床診断への応用の可能性についても言及する。

#### 1 4. 生物の形態解析におけるメビウス写像の応用（嘱託講師）

メビウス写像により上肢・体幹・下肢などの形態形成過程を解析した実例をあげ、形態発生解析におけるメビウス写像の応用性を解説する。また、生物種間の骨格構造の相違の解析におけるメビウス写像の適用性に関して説明する。

#### 1 5. 特別講義

嘱託講師による講義。

### 成績評価の方法

すべての講義および演習が終わった後、規定の出席率（2/3 以上）を満たした学生に対し、課題を呈示し、レポートの提出等を指示する。そのレポート等を行動目標の達成度を主眼に評価する。