Course number	U-LAS10 10034 OJ55　U-LAS10 10034 OJ17

Course title (and course title in English)	統合型複合科目（自然群m）：数学で見る生命現象 Integrated Liberal Arts and Science with Small Group Seminars (Natural Sciences m) :Life and Biological Phenomena through Mathematics	Instructor's name, job title, and department of affiliation	Institute for Liberal Arts and Sciences KOKUBU Hiroshi Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability Program-Specific Professor,TAKAHASHI YOSHIKO Graduate School of Science Professor,ISHIMOTO KENTA Graduate School of Informatics Professor,AOYAGI TOSHIO Graduate School of Informatics Professor,TERAMAE JUNNOSUKE Institute for Life and Medical Sciences Professor,MOCHIZUKI ATSUSHI Institute for Life and Medical Sciences Assistant Professor,ISHIKAWA MASATO Part-time Lecturer,TOKUTA YUYA 総合研究推進本部 SHIRAI TETSUYA 総合研究推進本部 TERAKAWA MAYU

Group	Natural Sciences	Field(Classification)	Mathematics(Foundations)

Language of instruction	Japanese	Old group	Group B	Number of credits	4

Number of weekly time blocks	2	Class style	Lecture + Seminar (Face-to-face course)	Year/semesters	2026・First semester

Days and periods	Thu.4・5	Target year	All students	Eligible students	For all majors

[Overview and purpose of the course]

受精卵に始まる個体発生や形態形成，遺伝子発現の制御機構，脳神経系における学習や知能，そして細胞や個体、あるいはその集団の移動機構・変形・流動などを題材に，生命現象の理解に数学的アイディアや方法がどのように活用されているかの一端を知り，複数の学問が様々な形で互いに影響しあって発展している研究の最前線への展望を得ること，また高校以前は学ぶ機会がなかった数理モデリングやデータ解析などの数理的方法や関連する英語文献の講読，さらに科学的内容をどうすればわかりやすく効果的に表現できるかを学ぶ科学ライティングの演習により，今後の学びに必要となるであろうアカデミックスキルの基礎を身につける機会を提供することを目的とする．
具体的には，講義では，初回のイントロダクションに続き，発生生物学（生き物の形づくり），脳神経科学（Amari-Hopfield model，人工知能），遺伝子制御ネットワーク，生命流体力学の4つのテーマについて３週ずつの講義が行われ，最終回には受講者による課題の発表を行う．演習については，データ解析，ニューラルネットワーク，英語文献講読，科学コミュニケーションの4グループに分かれた演習を６週ずつ，同じ内容で2回繰り返して実施し，受講者は前半と後半に異なるテーマで２つの演習を受講できるようにする．

○統合複合型科目分類【理・理】
　主たる課題について理系分野の要素が強く、副たる課題についても理系分野の要素が強いと考えられるもの

Continue to 統合型複合科目（自然群m）：数学で見る生命現象(2)↓↓↓

[Course objectives]

さまざまな生命現象に触れ，その理解に数理的な考え方が有効になる面があることを理解し，異なる学問分野の相互作用による学術の発展の１つの側面を体験することで，今後の本学での学習の指針を得る．また，特に演習を通じて，大学での学びに必要なアカデミックスキルのいくつかを体得する．

[Course schedule and contents)]

（この授業では、講義と少人数演習を併せて学びます。講義のみ、少人数演習のみの出席では授業の到達目標に達しません。なお、講義の初回授業において授業内容や成績評価の説明を行い，演習の初回授業において少人数演習のグループ分けを行いますので、必ず出席してください）

◆講義　木4・共西31
第1回（の30分程度）　導入（担当：國府寛司，講義担当の全教員）
講義の目的、到達目標、成績評価の方法等を説明する。引き続き、各講義担当教員の分担する内容を紹介する。

第1回（の1時間程度）-第3回　発生生物学（生き物の形づくり）（担当：高橋淑子）
概要；卵から始まる形づくりを概観する。細胞が社会をつくり、さまざまな性質をもつ組織や器官が形づくられるとき、その背後にある「ルール」を理解することの意義を学ぶ。
キーワード：個体発生、形づくり、細胞の社会、細胞ダイナミクス

第4回-第6回　脳神経科学（Amari-Hopfield model，人工知能）（担当：青柳富誌生・寺前順之介）
概要；生物の情報処理の仕組みに着想を得たニューラルネットワークの基礎を学ぶ。
キーワード：脳神経、深層学習、連想記憶、機械学習、情報と力学系

第7回-第9回　生命流体力学（担当：石本健太）
概要；生命現象の特徴の一つはその流動性にある。その形は成長に伴って変化し、移動するために体の一部を変形させる。細胞間や組織間にはイオンやタンパク質の物質流動があり、呼吸や血流という形でも生物は流体流動を積極的に用いている。鳥の飛翔や魚の遊泳は流体流動を巧みに利用した例であるし、細胞集団が見せる流動的な振る舞いも組織の形成や修復の鍵となっている。細胞スケールから個体スケールまでの様々な階層に現れる流動現象の実例の紹介し、それらを理解するための数学的な手法について解説する。
キーワード：流れ、渦、微分方程式、集団運動、階層性

第10回-第12回　遺伝子制御ネットワーク（担当：望月敦史）
概要；染色体上に多数存在する遺伝子は、互いに活性化や不活性化の制御を行っている。この制御関係から生まれる遺伝子活性の時間変化が、細胞の振る舞いや性質を作り出している。本講義では、遺伝子制御ネットワークのダイナミクスを高次元力学系として捉える見方を学び、細胞の振る舞いや性質が生まれる過程を、数学を通して理解する。特に制御ネットワークの構造だけから鍵遺伝子を決定する理論により、細胞の運命を制御する新しい方法を紹介する。
キーワード：力学系、グラフ理論、Feedback Vertex Set、細胞分化、ダイレクトリプログラミング

第13回-第14回　全体課題発表（担当：國府寛司，講義担当の全教員）
全体課題について受講者の発表と討論を行う．

第15回　フィードバック

Continue to 統合型複合科目（自然群m）：数学で見る生命現象(3)↓↓↓

◆少人数演習
まず初回の演習時間に演習担当の全教員から，少人数演習の４つのグループ「データ解析・英語文献講読・科学コミュニケーション・ニューラルネットワーク」の内容を紹介した後に，受講生を４つの演習に組分けする。各受講者は４つの演習から２つを選んで，第２回～第７回と第9回～第14回の６週ずつの期間に，それぞれ配属された班で演習を行う。第８回の演習時間には全体課題の班分けと全体課題発表の準備を行う。

A班　データ解析（担当：徳田有矢）木5
Pythonを用いて生物学データを解析する．平均や分散，相関等の基本的な統計量の計算やデータの可視化方法を習得した上で，母集団と標本の違いや統計的仮説検定，機械学習の基礎を学ぶ．教師あり学習の例としてサポートベクトルマシンを，教師なし学習の例として主成分分析を取り上げる．

＜演習項目・内容＞
第一回：導入と１変量データ解析
第二回：多変量データ解析
第三回：母集団と標本
第四回：統計的仮説検定
第五回：機械学習の基礎・教師あり学習
第六回：機械学習の基礎・教師なし学習

B班　英語文献講読（担当：石川雅人）木5
英語文献（論文）を読むことは、最先端の研究を知るために重要である。それだけでなく、教科書に載っているような科学的発見の原典となる文献に当たることで、内容をより深く理解したり、科学的示唆が得られることもある。本演習では、英語文献を読み、内容をまとめてプレゼンテーションの形で発表し、内容について議論を行う。ただし、文献の内容について完全に理解することは必ずしも目指さず、英語文献を読み、発表する流れを体験することを目標とする。読む英語文献としては、生命現象に対する数理モデリングに関するおよび生命科学におけるAI（人工知能）の応用に関する文献を指定する。具体的には、以下の論文である。
【数理モデリング】　以下の三編のうち、いずれかを選んで読み、発表する。
Elowitz, Michael B., and Stanislas Leibler. "A synthetic oscillatory network of transcriptional regulators." Nature 403.6767 (2000): 335-338.
大腸菌で振動する遺伝子回路（repressilator）を作成したことを報告している。
Gardner, Timothy S., Charles R. Cantor, and James J. Collins. "Construction of a genetic toggle switch in Escherichia coli." Nature 403.6767 (2000): 339-342.
大腸菌でスイッチ的な動作をする遺伝子回路（toggle switch）を作成したことを報告している。
Kondo, Shigeru, and Rihito Asai. "A reaction#8211diffusion wave on the skin of the marine angelfish Pomacanthus." Nature 376.6543 (1995): 765-768.
タテジマキンチャクダイの体表の縞模様の変化が反応拡散方程式に従うことを報告している。
【AI】　以下の二篇のうち、いずれかを選んで読み、発表する。
Jumper, John, et al.“ Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. ”Nature 596.7873 (2021): 583-589.
本論文は2024年のノーベル化学賞を受賞したJohn Jumper, Demis Hassabisらのチームによる論文である。アミノ酸配列からタンパク質三次元構造を予測するAIであるAlphaFoldについて報告している。

Nguyen, Eric, et al. "Sequence modeling and design from molecular to genome scale with Evo." Science 386. 6723 (2024): eado9336.

Continue to 統合型複合科目（自然群m）：数学で見る生命現象(4)↓↓↓

ChatGPTのような大規模言語モデルのゲノムバージョンであるEvoについて報告している。
＜演習項目・内容＞
第一回：チュートリアル（英語文献の探し方、読み方、プレゼン方法）・数理モデリング文献①（内容理解）
第二回：数理モデリング文献②（内容理解）
第三回：数理モデリング文献③（発表・議論）
第四回：AI文献①（内容理解）
第五回：AI文献②（内容理解）
第六回：AI文献③（発表・議論）

C班　科学コミュニケーション（担当：白井哲哉・寺川まゆ）木5
この少人数演習では以下を到達目標とする。
・科学コミュニケーションとは何かについて学ぶ
・研究を専門外の人に伝え対話する必要性および、その技術について学ぶ
・研究を専門外の人に伝え議論し相互理解と共感できる素養を身につける
＜演習項目・内容＞
第一回：科学コミュニケーション概論【白井】
第二回：対話・クリティカルシンキング演習①【白井】
第三回：対話・クリティカルシンキング演習②【白井】
第四回：広報・プレゼンテーション概論【白井】
第五回：プレゼンテーション演習①【寺川】
第六回：プレゼンテーション演習②【白井・寺川】

D班　ニューラルネットワーク演習（担当：青柳富誌生・寺前順之介）木5
Pythonによる実装と可視化を用いて、ニューラルネットワークの数理モデルの基礎を学ぶ。脳のニューロンの基礎的な性質からはじめ、「学習」（データから規則を見つける）と「記憶」（壊れた入力から元を思い出す）の数理モデルの基礎を体験する。
＜演習項目・内容＞
第一回：ニューロン：基礎的な性質と数理モデル
第二回：ニューラルネットワーク：ニューロン同士のつながり
第三回：単純パーセプトロン：学習の数理モデル
第四回：多層パーセプトロン：深層学習
第五回：甘利ホップフィールドモデル：記憶の数理モデル
第六回：記憶容量：いくつ覚えられるか？

[Course requirements]

高校の数学IIIまでの数学の内容は前提とするが，それ以外の特別な予備知識は必要とせず，全学部生向けに授業を行う．

[Evaluation methods and policy]

講義については，13回の授業と1回の総合討論での平常点（出席と授業参加の状況・個別内容の理解力を確かめるためのレポート課題）で評価を行う．
フィードバック授業は評価の対象外である．
演習については出席と授業参加の状況とレポート課題により評価を行う．
各評価項目の割合の詳細は，初回の授業で説明する．

Continue to 統合型複合科目（自然群m）：数学で見る生命現象(5)↓↓↓

統合型複合科目（自然群m） ：数学で見る生命現象(5)

[Textbooks]

Not used

[References, etc.]

（References, etc.）

Introduced during class

[Study outside of class (preparation and review)]

授業において配布した資料や指示した参考資料を基に毎回の要点を復習すると共に，提示した課題に取り組む過程で，インターネットや関連図書を通じて受講者各自で調査し，授業内容と関連して考えて，理解を深めるように努めること．

[Other information (office hours, etc.)]

オフィスアワーは特に設けないが，質問は随時，受け付ける．積極的な授業参加を期待する．

[Essential courses]