

開講科目名	Course Title	時間割コード	授業の目標、概要 / Course Objectives and Overview
DNA情報解析特論	DNA Information Analysis	4810-1124	近年のゲノム科学の進展や生体分子測定技術の進歩によって個人のゲノムシーケンスに加え、RNAやタンパク質といったさまざまなゲノム由来物質を網羅的に測定出来るようになってきました。それら細胞内のさまざまな物質が複雑なネットワークを構成して、私たちの体の恒常性は保たれています。このネットワークは、個人のゲノムの違いや生活環境や習慣の違いによって少しずつ異なり、ウイルスの暴露や加齢などの要因によりシステムのバランスが乱れ、その破綻がいわゆる疾患として現れることとなります。これまで生命科学は、この生命の理解に対して事例の積み上げという博物学に近い戦略を多くはとってきましたが、膨大なパターンを前にば明らかな限界がありました。現在私たちはこの複雑なシステムを解明する大きなパラダイム転換の時期にきています。この講義では、ヒトゲノムの多様性や細胞の分子ネットワークについて、その恒常性と破綻がどのように疾患に影響するか最新の研究成果を交えて講義します。また、ゲノム関連データに特有の特性をモデルに取り込むことで、ゲノム分野で有用な深層学習モデルについて講義します。さらに、ヒトの高次機能は、ヒトゲノム由来の物質のみから成っているわけではなく、ヒトに共生する細菌叢（メタゲノム）がさまざまな部分を補いながら全体のネットワークを構築しています。このような拡大されたヒト全体についても講義します。
量子計算論	Introduction to Near-Term Quantum Computation	4810-1166	The goal of this course is to learn how to implement utility-scale applications on a quantum computer. To achieve the goal, the course covers from the basics of quantum information to recent advances of quantum algorithms for noisy quantum devices as well as circuit optimization and error mitigation techniques to maximize results. The course also introduces how to implement quantum algorithms using open-source framework of quantum computing and real quantum devices with more than 100 qubits. The course is intended to help students understand the potential and limitations of currently available quantum devices.
論文構成法	Academic Writing in English	4810-1170	This lecture introduces the fundamentals of academic writing in English, with both methodology and concrete examples to walk through how to write an academic paper.
実践英語対話表現演習Ⅰ	Practical English Presentation Skill I	4810-1171	本講義には、英語で学術的なプレゼンテーションのやり方について議論する。2024年度以前に入学したコンピュータ科学専攻修士課程入学者が原則的に履修する必要がある。2025年以後に入学した学生は「実践英語対話表現演習Ⅲ」を履修すること。We will discuss how to make an academic presentation during this course. This course is a mandatory course for all master students at Department of Computer Science who enter the department not after 2024. Please enroll in the course "Practical English Presentation Skill III" if you enter the department in the academic year 2025 or after.
学際計算科学特論	Interdisciplinary Lecture in Scientific Computing	4810-1175	計算機科学を専門とする学生向けに、計算科学すなわちコンピュータシミュレーションを活用する科学、を理解するために必要な基礎知識について講義を行なう。計算科学は大変広い分野であるが、今年度は古典粒子系、統計力学、量子力学の3分野を主に取り上げる。大学教養課程における数学、物理、化学の知識の復習から解説を行なう。For students specialized in computer science, we will lecture the basic knowledge to understand computational science, which is the science field utilizing computer simulations. From the vast field of the computational science, we will pick up several topics on classical particle systems, quantum mechanics and statistical mechanics, mainly, for this fiscal year. The lecture will start from the reviews of the basic knowledge of mathematics, physics and chemistry in general education course of universities.
研究倫理	Information Science and Technology Ethics	4810-1177	現在の科学研究の望ましい進め方とその歴史的背景を説明した後、以下の課題について議論する。再現性のためのノート、記録・資料の取り方・保存の仕方など、研究不正の定義（捏造、改ざん、剽窃、その他）とその実例、誰が論文の著者になるべきか（なってはいけないか）、重複パブリケーションについてのルール、利益相反、知的財産（主に特許）に関する倫理的課題、研究費申請及び論文査読の有り方、政府と研究機関の関係及び法律及び諸規則（予算執行、ハラスメント、安全、動物実験管理、野外調査など）の遵守の必要性、マスク対応とアウトリーチの適切あり方など。なお、各専攻のニーズによって授業内容は多少異なる。Best practices for conducting scientific research will be introduced, and the reasons the scientific community has adopted these procedures will be briefly covered. Appropriate methods of record-keeping and documentation, which are essential to ensure replicability of research results, will be explained. Research misconduct (fabrication, falsification, plagiarism and other forms of misconduct) will be defined and explained, and examples will be presented. Authorship of papers, the need to avoid dual publication, dealing with conflicts of interest, and issues related to intellectual property (mainly patents and copyrights) will be discussed. Issues involved in reviewing scientific papers and funding applications, and in applying for funding will also be discussed. The need for compliance with governmental and institutional regulations (governing usage of funds, harassment, safety, animal welfare, field surveys, etc.) will be covered. Appropriate procedures for dealing with the news media and the public when publicizing scientific research results will be briefly introduced. The material covered by this lecture may differ somewhat to match the needs of each Department.
先端統計モデリング論	Advanced Statistical Modeling	4810-1178	機械学習における統計モデリングの深い理解を目指して、そのモデリングを先端的な理論に基づき解析する方法について説明する。また、その背景となる数学の知識を身につけることを目標とする。
近似・オンラインアルゴリズムとその応用	Approximation and Online Algorithms with Applications	4810-1183	In this class, we discuss basic concepts in algorithmics such as NP-hardness, approximation algorithms, and online algorithms. Then, we give examples how to apply them to practical research. At the end of this class, students who are not familiar with these theoretical concepts are expected to learn their importance in practical point of views. On the other hands, students who are familiar with them are expected to gain more experiences on applying the concepts to practical settings.本講義では、NP困難、近似アルゴリズム、オンラインアルゴリズムなどアルゴリズムを解析する理論の概要を説明し、機械学習やデータベースなど応用分野に適用する事例を挙げる。アルゴリズム論を勉強したことがない学生には理論的な解析の重要性を実感させ、勉強したことがある学生にはアルゴリズム論の応用を経験させることを目的としている。
ネットワーク最適化	Network Optimizations	4810-1185	During this class, we discuss fundamental and state-of-the-art research results on network optimization. The class covers results on sensor networks and social networks. Network design algorithms and efficient algorithms for networks with several million nodes are also discussed during the class. 通信ネットワーク、センサーネットワークやソーシャルネットワークの効率を最適化するアルゴリズムを、基礎から最新の研究成果まで議論する講義である。ネットワークデザインアルゴリズムや数千ノードがある巨大ネットワークを高速に最適化できるアルゴリズムも議論する。
視覚情報処理応用	Advanced Computer Vision	4810-1189	幾何形状解析、X線による内部構造解析、反射解析、マルチスペクトル解析などの応用を通して、実践的な視覚情報処理を学ぶことを目的とする。光学特性を考慮した画像形成過程や物理モデルに基づく逆問題の理解に加え、深層学習を統合したシフン理解手法を習得し、実世界データに対してロバストに機能する視覚情報処理能力を養う。This course aims to develop practical skills in computer vision through applications such as geometric shape analysis, X-ray-based internal structure analysis, reflectance analysis, and multispectral analysis. Students will learn image formation processes that account for optical properties, physics-based inverse problems, and deep learning-integrated scene understanding methods, with the goal of achieving robust visual information processing for real-world data.
カスタムコンピューティング特論	Advanced Custom Computing	4810-1190	コンピュータシステムの更なる高性能化・効率化のためには、AI等のアプリケーションドメインに特化したハードウェアおよびソフトウェアを活用するカスタムコンピューティングが重要である。本講義では、カスタムコンピューティングを行う際に必要となるコンピュータアーキテクチャに関する知識と、高度なアプリケーションを実現するためのハードウェア、ソフトウェア、アルゴリズムに関する技術を習得する。Custom computing, which effectively utilizes domain-specific hardware and software optimized for particular application domains, especially AI, is a crucial approach for further improving the performance and efficiency of computer systems. In this lecture, you will learn the fundamental concepts of computer architecture for custom computing. You will then learn various hardware, software, and system-aware algorithm techniques for realizing advanced applications.
リモートセンシング画像解析	Remote Sensing Image Analysis	4810-1191	リモートセンシング画像解析の基礎と最新動向を学ぶことを目的とする / Learn the basics and latest trends of remote sensing image analysis
計算科学・量子計算における情報圧縮	Data Compression in Computational Science and Quantum Computing	4810-1192	現在の計算科学では、銀河のダイナミクスから量子ビット間のエンタングルメントまで多岐にわたる問題が研究対象となっている。これら多様な問題を計算機で扱う際には、対象系の巨大な自由度をいかに圧縮し、効率的に有限のメモリ内で表現するかが、共通する課題となる。とくに多体問題では、しばしば、構成要素数に対して指数関数的に自由度が増大するため、膨大な自由度をいかに扱うかが普遍的に重要な課題となってきた。現在では、天文や物理学、化学などの個々の科学分野での発展に加え、応用数理や量子情報からの知見を取り入れた情報圧縮手法が注目を集めている。本講義では、情報圧縮の基礎となる線形代数、特に特異値分解等を用いた、行列・テンソルの低ランク近似の紹介から始め、物質科学や素粒子理論で自由度の効率的な圧縮に用いられている行列状態を拡張したテンソルネットワーク状態、効率的な圧縮の背景にあるエンタングルメントの概念、さらにはテンソルネットワークの量子計算への応用について学ぶ。In today's computational science, various problems ranging from galaxy dynamics to entanglement between qubits are being studied. When dealing with these problems on a (classical) computer, a common issue is how to compress the vast degrees of freedom of the target problem and efficiently represent them in a finite memory. In particular, in many-body problems, the number of degrees of freedom often increases exponentially with the number of components, so how to handle the vast number of degrees of freedom has become a universally important issue. Nowadays, in addition to developments in individual scientific fields such as astronomy, physics, and chemistry, data compression methods that incorporate knowledge from applied mathematics and quantum information are attracting attention. In this lecture, we introduce linear algebra, especially low-rank approximation of matrices and tensors using singular value decomposition, which is the basis of data compression. Then, we discuss matrix product state and its generalization, i.e., tensor network state, which are used to efficiently compress degrees of freedom in material science and particle theory, the concept of entanglement in the background, and the application of tensor network to the quantum computing.
自然言語処理応用	Applied Natural Language Processing	4810-1193	自然言語処理の基礎理論を俯瞰し、自然言語処理を用いた技術開発および実社会応用を学ぶ。グループ課題としてのプロダクト開発を通して、実社会において自ら自然言語処理を用いたプロダクトを開発し、課題を解決することができる知識と技術の習得を目指す。また、現在、リモートでのチーム開発の重要性が高まっている。本講義では、リモート環境でのチーム開発に関する座学・演習を取り入れていく。

多体問題の計算科学	Computational Science for Many-Body Problems	4810-1194	多体問題は、銀河のダイナミクスから量子ビット間のエンタングルメントまで、自然科学研究の様々な場面に現れ、計算機を用いた計算科学の主な研究対象となっている。本講義では、物質科学を具体例として多体問題に現れる、モンテカルロ法や、ランチョス法などのクリロフ部分空間法など、多体問題が内包する巨大な自由度を有限の計算機資源で扱うためのアルゴリズムを学ぶ。また、実際にこれらのアルゴリズムを実装したアプリケーションを使った計算機シミュレーションをレポート課題を通して習得する。From dynamics of galaxy to entanglement among quantum bits, many-body problems have been studied in the wide range of science by computational science approaches. In this lecture, numerical algorithms for many-body problems in condensed matter physics, such as Monte Carlo samplings and Krylov subspace methods represented by the Lanczos method, are introduced with emphasis on treatment of the large degrees of freedom inherent in the many-body problems. Through exercises by using these algorithms implemented in open source software for many-body problems, students will learn how to utilize them. Papers on application of the algorithms and software to selected many-body problems are assigned as requirements for a credit.
AI ソフトウェアの信頼性保証特論	Trustworthiness Assurance for Data-Driven AI Software Systems	4810-1197	過去数十年にわたり、機械学習及び深層学習を基盤としたAIソフトウェアシステムは、多岐にわたる産業領域において顕著な性能向上を達成してきた。今日、これらのデータ駆動型のAIソフトウェアシステムの信頼性の確保は、世界的な緊急課題として、社会的な関心及び期待に応える重要性を増している。本講義では、高品質で安全且つ信頼性の高いAIソフトウェアシステムに対する需要の高まりを背景に、データ駆動型のAIソフトウェアシステムの信頼性確保に関する最先端の研究動向を紹介する。さらに、機械学習と深層学習工学の一般的なAIモデル及びシステムのデータ駆動方や不透明性に起因する複雑な課題に対処するための方法を議論する。これにより、知的かつ信頼性の高い、安全で信頼できるAIシステムの開発への道筋が明らかになる。Over the past decades, machine learning and deep learning-based AI software achieved performance leap in many application domains. Nowadays trustworthiness assurance of such data-centric AI software systems becomes crucial with urgent social concern and expectation worldwide. This course explores the forefront of Trustworthiness Assurance in Data-Driven AI Software Systems, an area garnering attention with the growing demand for high-quality, safe, and dependable AI software systems across various sectors. Participants will engage with the intricate challenges presented by the opaque nature of prevalent AI models and systems, particularly in machine learning and deep learning. By exploring contemporary failures and challenges, the course illuminates the path towards developing AI solutions that are not only intelligent but also reliable, safe, and trustworthy.
量子情報と量子計算	Quantum information and quantum computation	4810-1198	量子情報科学は、量子力学を活用した新しい情報処理や計算の考え方を科学する分野です。この授業の目標は、量子情報や量子計算に関する最先端の理論的研究を理解し議論できる力を育むことです。研究の紹介や議論を通じて、受講者が量子情報科学の研究動向を俯瞰しながら、自身の研究への応用や発展を考える視点を育むことを目指します。Quantum information science is a field that studies a new paradigm of information processing and computation by exploiting the laws of quantum mechanics. The goal of this course is to foster the ability to understand and discuss cutting-edge theoretical research in quantum information and quantum computation. Through the introduction and discussion of the research, students will cultivate perspectives that enable them to gain an overview of research directions in quantum information science and to consider how such developments can be applied and extended in their own research.
無線ネットワークの基礎と研究課題	Fundamentals and Research Challenges in Wireless Networks	4810-1199	本講義では、無線通信およびシステムの基礎、無線アクセスプロトコル、無線資源割り当て法、干渉制御技術について解説します。さらに、次世代無線ネットワークの設計に向けて、数値最適化技術やAIを活用した最新の研究動向についても紹介します。/In this lecture, we will explain the fundamentals of wireless communications and systems, wireless access protocols, radio resource allocation and interference management techniques. Furthermore, we will introduce the latest research trends using advanced mathematical optimization and AI tools for the design of next-generation wireless networks.
コンピュータ科学特別講義III	Special Lecture on Computer Science III	4810-1206	This course will describe several combinatorial optimization search techniques which are used in artificial intelligence (AI).
コンピュータ科学プロジェクト研究 I	Computer Science Project Research I	4810-1213	交換留学生について、指導教員の指導のもと、研究を行う。
コンピュータ科学プロジェクト研究 II	Computer Science Project Research II	4810-1214	交換留学生について、指導教員の指導のもと、研究を行う。
実践英語対話表現演習 III	Practical English Presentation Skill III	4810-1223	本講義には、英語で学術的なプレゼンテーションのやり方について議論する。2025年度以後に入学したコンピュータ科学専攻修士課程入学者が原則的に履修する必要がある。2024年以前に入学した学生は「実践英語対話表現演習I」を履修すること。We will discuss how to make an academic presentation during this course. This course is a mandatory course for all master students at Department of Computer Science who enter the department in 2025 or after. Please enroll in the course "Practical English Presentation Skill III" if you enter the department in the academic year 2024 or before.
コンピュータ科学博士輪講I	Computer Science Seminar (Doctoral Program) I	4810-2003	自身の研究内容あるいは関連する文献についてプレゼンテーションを行い、専門的内容を論理的かつ客観的に伝えるためのコミュニケーション技術を学ぶ。また、他の学生のプレゼンテーションを聴講し、質疑応答やフィードバックを行うことで、研究に関する専門的な議論を行う技術を学ぶ。
コンピュータ科学博士輪講II	Computer Science Seminar (Doctoral Program) II	4810-2004	自身の研究内容あるいは関連する文献についてプレゼンテーションを行い、専門的内容を論理的かつ客観的に伝えるためのコミュニケーション技術を学ぶ。また、他の学生のプレゼンテーションを聴講し、質疑応答やフィードバックを行うことで、研究に関する専門的な議論を行う技術を学ぶ。
コンピュータ科学博士輪講III	Computer Science Seminar (Doctoral Program) III	4810-2005	自身の研究内容あるいは関連する文献についてプレゼンテーションを行い、専門的内容を論理的かつ客観的に伝えるためのコミュニケーション技術を学ぶ。また、他の学生のプレゼンテーションを聴講し、質疑応答やフィードバックを行うことで、研究に関する専門的な議論を行う技術を学ぶ。
コンピュータ科学修士輪講I	Computer Science Seminar (Master's Program) I	4810-2006	自身の研究内容あるいは関連する文献についてプレゼンテーションを行い、専門的内容を論理的かつ客観的に伝えるためのコミュニケーション技術を学ぶ。また、他の学生のプレゼンテーションを聴講し、質疑応答やフィードバックを行うことで、研究に関する専門的な議論を行う技術を学ぶ。
コンピュータ科学修士輪講II	Computer Science Seminar (Master's Program) II	4810-2007	自身の研究内容あるいは関連する文献についてプレゼンテーションを行い、専門的内容を論理的かつ客観的に伝えるためのコミュニケーション技術を学ぶ。また、他の学生のプレゼンテーションを聴講し、質疑応答やフィードバックを行うことで、研究に関する専門的な議論を行う技術を学ぶ。
コンピュータ科学修士特別研究I	Research Project on Computer Science (Master's Program) I	4810-3001	各研究室において、修士論文の執筆に向けた研究を実施する。
コンピュータ科学修士特別研究II	Research Project on Computer Science (Master's Program) II	4810-3002	各研究室において、修士論文の執筆に向けた研究を実施する。
コンピュータ科学博士特別研究I	Research Project on Computer Science (Doctoral Program) I	4810-3003	各研究室において、博士論文の執筆に向けた研究を実施する。
コンピュータ科学博士特別研究II	Research Project on Computer Science (Doctoral Program) II	4810-3004	各研究室において、博士論文の執筆に向けた研究を実施する。
コンピュータ科学博士特別研究III	Research Project on Computer Science (Doctoral Program) III	4810-3005	各研究室において、博士論文の執筆に向けた研究を実施する。