

開講科目名	Course	時間割コード	授業の目標、概要／Course Objectives/ 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、ウイルスの暴発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、膨大なデータを前に明らかに境界が不明でした。現在私たちはこの複雑なシステムを解明する大きなバグタ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と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、ヒトの高度機能は、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。
先端アルゴリズム論	Advanced Algorithms	4810-1163	乱択アルゴリズムの設計技法及びその解析について論ずる。
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. The course also introduces how to implement quantum algorithms using open-source framework of quantum computing and real quantum device 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 class will teach you how to plan and do research in Computer Science, as well as how to structure and write a research paper for publication in English-language conference proceedings and journals. In particular, we will look at how planning and performing your research affects how you should structure and write your paper and why considering both together early on can make both tasks easier. We will discuss how to increase your chances of acceptance and how to improve your paper based on feedback and formal reviews. The class assumes proficiency in English reading and writing. It does not aim to be an English language class. Moreover, improvement in writing comes from actually writing, so the course will have a significant in-class practical aspect: students should be prepared to write and discuss their work in-class and in English. The class will be useful for computer science students and researchers, whether native English speakers or not, who have possibly read many research papers in their field but never written one themselves. The class will be particularly beneficial for students who have already started to do research or at least know in which area they plan to do research.
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。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。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.
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。計算科学は広大な知識分野であるが、その中から古典粒子系、古典場（電磁場、流体）の2分野と統計力学、量子力学の2分野から適切な話題を取り上げる。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, classical field systems (electromagnetic field and fluid), quantum mechanics and statistical mechanics. The lecture will start from the reviews of the basic knowledge of mathematics, physics and chemistry in general education course of universities. This lecture will be done in Japanese.
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（なっていないか）、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と規則（予算執行、ハラズメント、安全、動物実験管理、野外調査など）の遵守の重要性、マスコミ対応とアウトリーチの適切なあり方など。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やデータサイエン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千万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	3次元構造解析、反射解析、マルチスケール解析等の応用研究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
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、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と、アクセラレータ・ハードウェア開発を通じて習得する。Custom computing, which effectively utilizes domain-specific hardware and software, is a crucial approach for further performance and efficiency improvements of computer systems. In this lecture, you will learn the fundamental knowledge of computer architecture for custom computing. You will then earn various hardware, software, and system-aware algorithm techniques for realizing advanced applications via the development of an accelerator hardware.
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えるため、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目玉を集めている。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、可能な限り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要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する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.
「量子現象・量子論入門」初学者のための量子論	Introduction to Quantum Theory --- A lecture for beginners	4810-1195	簡単な例を用いた量子現象・量子論を学び、その特徴について考察することにより、古典現象・古典論との相違や共通点について理解できるようにすることを旨とする。その量子情報技術への応用の典型的かつ基本的な例として、量子通信と量子計算について、一例ずつ解説する。
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	過去数十年にわたる、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、高品質で安全かつ信頼性の高い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へ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.
コンピュータ科学特別講義Ⅲ	Special Lecture on Computer Science III	4810-1206	This course will provide several combinatorial optimization search techniques which are used in artificial intelligence (AI).
コンピュータ科学特別講義Ⅳ	Special Lecture on Computer Science IV	4810-1207	テーマ:「マルチコア並列アルゴリズム」いまやサーバからPC、組込機器までマルチコア、メモリアダプティブ化している。プロセッサの動作周波数の伸びが飽和し、性能は並列によって向上させる時代になった。従ってアルゴリズムが並列対応され、プログラムの並列動作するように書かれていなければ、計算機の進歩に伴って性能向上するソフトウェアにはならない。本講義では、最近のマルチコアプロセッサにおいて動作させるための実用的なアルゴリズムについて扱う。新しい分野で今後伸びている分野であるが、講義では以下のようなトピックに関して、基礎と事例について紹介する。・マルチコアプロセッサの基礎・マルチコアプロセッサ向けアルゴリズムの基礎・マルチコアプロセッサ向けアルゴリズムの事例
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。

計算科学アライアンス特別講義 I	Special Lecture on Computational Science I	4810-1215	<p>OpenMPは指示行を挿入するだけで手軽に「マルチスレッド並列化 (multi-threading)」ができるため、マルチコアプロセッサ内の並列化に広く使用されている。本講義ではOpenMPによる並列化に関する講義・実習を実施する。本講義では対象アプリケーション (有限体積法 (finite-volume method, FVM) によってポアソン方程式) をOpenMPによってマルチコアプロセッサ上で並列化するのに必要な計算手法、アルゴリズム、プログラミング手法の講義、実習の他、並列前処理手法の最新の研究に関する講義も実施する。プログラミング実習にはスーパーコンピュータシステム (Wisteria/BDEC-01(Odyssey)) を使用する。OpenMP is the most widely-used way for parallelization on each compute node with multiple cores because multi-threading can be done easily by just inserting directives. In this class, lectures and exercises for parallelization by multi-threading of the target application (Poisson's equation solver by FVM (finite-volume method)) on multicore processors using OpenMP are provided, which covers numerical algorithms, and programming methods. Moreover, lectures on recent research topics on parallel preconditioning methods will be also provided. The Supercomputer System (Wisteria/BDEC-01(Odyssey)) is available for hands-on exercises.</p>
計算科学アライアンス特別講義 II	Special Lecture on Computational Science II	4810-1216	<p>並列計算プログラミング技法に関する講義、実習を実施する。並列計算に広く使用されているMPI (Message Passing Interface) , OpenMPを使用したプログラミングを中心に扱う。様々な計算機における最適化技術についても併せて講義、実習を実施する。プログラミング実習には東大情報基盤センターのWisteria/BDEC-01(Odyssey)を使用する。ターゲットとするアプリケーションは有限要素法による一次元及び三次元定常熱伝導解析プログラムであり、背景となる基礎的な理論から、実用的なプログラムの作成法まで、連立一次方程式解法などの周辺技術も含めて講義を実施する。Lectures and hands-on exercises on parallel programming methods for large-scale scientific computing will be provided. This class focuses of programming using MPI (Message Passing Interface) and OpenMP, which is widely used method for "de facto standard" of parallel programming. Lectures on optimization methods on various types of architectures are also given. Wisteria/BDEC-01(Odyssey) at ITC is available for hands-on exercises. Target applications are 1D/3D codes for steady-state heat transfer by finite-element method (FEM). This class covers wide range of topics related to FEM, such as fundamental mathematical theory, programming method, and solving large-scale linear equation.</p>