

開講科目名	Course	時間割コード	授業の目標・概要／Course Objectives/ Overview
自然言語処理システム論	Advanced Natural Language Processing	4810-1103	Reading papers in turn to understand and discuss advanced theories and technologies for natural language processing.
計算機言語システム論	Programming Language Systems	4810-1109	計算モデル、型システムなどのプログラミング言語の基礎理論と、その言語処理系、プログラム検証などへの応用について、最新のトピックを交えながら解説する。今年度は特に、並行計算モデルに焦点を当て、並行計算の代表的なモデルであるCCS、 π 計算をとりあげ、操作的意味、仕様記述のための様相論理、検証手法（双模倣、モデル検査、型システム）、セキュリティプロトコルへの応用などについて概説する。
メディア情報学	Multimedia Interface	4810-1130	HCI(human-computer-interaction)分野の最近の論文を輪講形式で読む。HCIの 最近のトピックスに関する見識を深めるとともに、英語の論文読解、発表・議論の訓練を行う。Seminar style class reading recent papers in HCI (human computer interaction). Gain insight into recent topics in HCI and also learn paper reading, presentation, and discussion.以下と同一授業 identical to the following course4860-1073 ヒューマンインタフェース特論 4860-1073 Human-Computer Interaction
ゲノム機能情報解析特論	Information Analysis for Functional Genomics	4810-1132	授業の目標・概要＊必須（Course Objectives/Overview） Each cell in a multicellular organism holds all biological information (i.e., genomic information) of its whole body, and this information is recorded in the form of DNA molecular structure (nucleotide sequence), where various proteins, whose structural information is written in the genetic code, control significant life phenomena. This lecture aims to provide students with an introduction to computer analysis of genome information (bioinformatics) by answering basic questions such as what genome information is, what kind of information is written in what form, and to what extent functional information can be read from the DNA sequence of genomes and the amino acid sequence/three-dimensional structure of proteins, as well as recent topics in genome information analysis, which have made remarkable progress, without requiring much prior knowledge.
配列解析アルゴリズム特論	Algorithms for Sequence Analysis	4810-1149	文字列処理、文字列圧縮・検索、文字列圧縮、組み合わせパターンマッチング等のアルゴリズムについて学ぶ。生物学・医学等への応用についても触れるが、アルゴリズムや関連した計算理論の理解を主眼とする。
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 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 academic paper.
実践英語対話表現演習Ⅰ	Practical English Presentation SkillⅠ	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 SkillⅢ 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、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.
先端データ解析論	Advanced Data Analysis	4810-1176	回帰、分類、次元削減、クラスターリング、異常検出、深層学習などのデータ解析技術の基本的な考え方と数理的基礎、および、先端的なアルゴリズムを、最新のトピックを交えながら解説する。/We lecture fundamental concepts, mathematical foundations and advanced algorithms of data analysis techniques including regression, classification, dimensionality reduction, clustering, outlier detection, and deep learning.
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.
オペレーティングシステム特論	Advanced Operating Systems	4810-1182	オペレーティングシステム及びシステムソフトウェアに関する最新の技術や研究動向を理解する。現代のコンピュータシステムを支える基盤技術への理解を深め、コンピュータのより効果的な活用を可能にすることを目指す。To understand the latest technologies and research trends in operating systems and system software.Aiming to enable more effective use of computers by deepening understanding of the fundamental technologies supporting modern computer systems.
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。
情報セキュリティのためのアルゴリズム	Algorithms for Information Security and Privacy	4810-1184	In this class, we discuss algorithms that use for speeding up systems for information security and privacy. Particularly, the class focuses on algorithms for elliptic curve cryptography, one of the most well-known cryptographic system. We also explain ideas behind discrete algorithms that can protect users' personal information in large-scale database. 本授業には、情報セキュリティ・情報プライバシーを保護するシステムを最速するアルゴリズムについて講義する。特に、セキュリティ技術の代表になっている楕円曲線暗号の装束アルゴリズムについて議論し、巨大データベースに入っている個人情報保護する離散アルゴリズムを解説する。

開講科目名	Course	時間割コード	授業の目標、概要／Course Objectives/ Overview
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横状態それ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.
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.
グラフ構造とグラフアルゴリズム	Graph Algorithms and Graph Structures	4810-1196	頂点と隣接関係を表すグラフは、コンピューターサイエンスのどの分野でも出現する対象である。本講義では、グラフに現れるローカル、あるいはグローバルな構造とグラフアルゴリズムの関係性を解説する予定である。また、木幅などの、グラフを対象とする不変量とグラフアルゴリズムの関係も解説予定である。 基本的には、グラフの構造解析を理論的に行うことを主眼とするが、グラフベンチワークに対する高速アルゴリズム開発も演習、あるいは課題に入れる予定である。 Graphs appear everywhere in computer science. It turns out that, in order to develop efficient algorithms, one needs to understand graph structures. In this lecture, we highlight graph structures and algorithms. Topics include expander graphs, planar graphs and social networks. Moreover, graph invariants, like tree-width, play an important role to develop graph algorithms. We will introduce some graph invariants that help to develop fast and scalable algorithms.
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、組み込み機器までマルチコア、メニュー化している。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、プログラムが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	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ために必要な計算手法、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.
計算科学アライアンス特別講義Ⅱ	Special Lecture on Computational Science II	4810-1216	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重要な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.
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)	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。

開講科目名	Course	時間割コード	授業の目標、概要／Course Objectives/ Overview
コンピュータ科学修士特別研究II	Research Project on Computer Science (Master's)	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)	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)	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)	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。