

開放環境科学專攻



School of Science for
OPEN
and Environmental Systems

新時代のキーワードとしての OPEN

Open -The Keyword of a New Era

新しい科学技術、開放系科学の胎動

● Emergence of new scientific technology and open system science

情報と生命、生命と環境など、これまで考えられもしなかった概念の結びつきが、科学技術にとっていまだ探求されざる膨大なフロンティアを拓こうとしています。周囲の環境と不断に情報や物質の交換が行われている系は「オープン・システム（開放系）」と総称されますが、生命・コンピュータネットワーク・人間社会などは、いずれも異質かつ複雑な構成要素から成り立つ高次の開放系であると考えられます。高次の開放系は、これまで科学技術がとり扱ってきた工学システムとは異なる多くの特徴を持っています。ここに新しい科学である「開放系科学」を提唱し、科学技術に飛躍的なブレイクスルーを起こすのが、慶應義塾が世界にさきがけて「開放環境科学」という名の専攻を樹立する目的です。

Combination of concepts such as "Information and Life" and "Life and Environment" that are unimaginable in the past is now pioneering the vast frontier of science and technology hitherto investigated. A system that continuously exchanges information and matter with its surroundings is called "Open System". Life, computer network, human society are regarded as high-dimensional sophisticated open systems that are composed of many heterogeneous complex components. High-dimensional advanced open systems are associated with many characteristics that are different from the engineering systems that has been objected by conventional science and technology. It is the aim of Keio University to establish a graduate school of "Science for Open and Environmental Systems" first in the world to produce dramatic breakthroughs in scientific technology by the proposal of new science, i.e. "Open System Science".



本格的な知的社会基盤工学の必要性

● A need for full-scale intellectual social infrastructure engineering

たとえば地球環境問題、都市問題、エネルギー危機、パンデミックなど、リアルタイムでその解決が迫られている課題の多くが、こうした開放系の問題です。いずれも情勢の変動が激しく、明確な境界条件や要求仕様を前もって定めることができず、従来型のモデル化や最適化の適用が困難です。つまりは、従来の科学技術の方法論からの根本的な変革を迫る問題です。しかしながら、20世紀の科学技術は、こうした地球規模の諸課題について解決を先送りしてきたと言えます。21世紀の科学技術には、情報技術を活用し、これら複雑現象を支配するキーファクターを抽出し、問題解決の糸口を探ることが求められます。これにダイレクトに対応できる、いわば本格的な知的社会基盤工学とも呼べる学問の確立を急ぎ、巨視的観点から取り組む全く新たな科学技術を具体化することが、開放環境科学専攻を設置するためのもう1つの大きな目的です。

Examples of the urgent issues in open systems include environmental problems, urban problems, energy crises, and pandemics. Ideally speaking, we need to tackle these issues very promptly. Conventional modeling and optimization techniques are thus incapable of formulating such complex phenomena, for we do not know how to specify their boundary conditions. There is definitely a strong need to devise a new methodology to tackle such rapidly-changing social situations. However, it can be said that the science and technology of the 20th century have postpone solving these global problems. Those of the 21st century are expected to respond to these issues that can no longer wait for precise theoretical clarifications. To create a full-scale academic field embodying brand new scientific technology with the macroscopic point of view is our second aim in the graduate school of "Science for Open and Environmental Systems"; we call it "Intellectual Social Infrastructure Engineering."

OPEN and Environmental Systems



開放環境科学専攻の概要と特色

Open your mind to human-beings

Overview of the School of Science for Open and Environmental System

急速に整いつつある開放系科学の研究環境

●Rapidly organized research environment for open system science

現在、こうした開放系の課題に取り組む研究環境が整いつつあります。たとえばコンピュータ・シミュレーション技術の発達です。真の世界では決して実験できない大規模な現象や一回性の現象について、コンピュータを使った可能世界（現実化していないが可能な世界）で模擬実験することが可能となってきました。従来は無視され捨象されてきた不確定要素（変数）の多い膨大な演算も可能です。さらには、人工生命、遺伝アルゴリズム、ニューラルネットワークなど、時々刻々の相互作用の変化に即応して、新しいシステムを自己組織化していくメカニズムの研究も盛んになっています。これらの探求を一層精力的に進めることによって、たとえば生命体あるいは人間社会について、21世紀の科学的な理解と工学的な取り組みの可能性がさらに開かれるものと期待されます。

A research environment to come to grips with the subjects on open systems described above is being organized. For large-scale phenomenon that does not lend itself to experimentation and one-time-only phenomenon, simulation experiments in virtual reality, i.e. a realm that is not yet real but can be possible, have become possible with the aid of a computer. Computation with enormous numbers encompassing many uncertain elements (variables) that have been ignored or abstracted has now become possible. In addition, active studies are being conducted on mechanisms that self-organize new systems in response to constant changes in mutual actions in the field of artificial life, genetic algorithm, and neural network. By pursuing researches in these areas more energetically, one may expect that the possibilities for scientific understanding and technological progress for the living systems and human society will be further strengthened in the 21st century.

現実世界の課題解決に資する科学技術をめざして

●For the development of scientific technology that will contribute to solutions of problems in the real world

開放系科学に関して私たちが現在手にしているのは、ジグソーパズルの限られたピースに過ぎません。したがって、パズルの完成、つまりオルタナティブとしての新しい科学的方法論の開発に取り組む必要があります。しかしもう一方では、完璧ではないにしても、いま手元にある材料で目の課題の解決も急がねばなりません。このため開放環境科学専攻では、空間、都市、資源、エネルギー、環境、情報ネットワーク、社会組織など、幅広い分野にわたって、現実世界の具体的な問題について考究する科目を設けています。さらに、社会基盤システムの構築に資する新しい方法として、問題空間の探索、現象学的解析、ならびに自律性や不測の事態への適応能力などを具備するシステムのデザインに関する科目も設け、新たな学問的基盤の充実に注力します。

What we have on hand in the field of open system science is only a piece of a huge jigsaw puzzle. Therefore, there is an urgent need to complete the puzzle by initiating the development of a new scientific methodology as an alternative to the current approach. On the other hand, there is also a need to solve current problems by using the available materials, although they may not be perfects. The graduate school of "Science for Open and Environmental Systems" offers courses to investigate specific problems in wide areas of the real world, such as space, urban environment, resources, energy, ecology, information networks, and social structures. In addition, courses are offered for new methodologies to contribute to the construction of social infrastructure system, such as searching for problem spaces, phenomenological analysis, and designs of the self-controlled systems and the systems possessing ability to adapt to unexpected situations to enrich this new academic field.

開放環境科学専攻

空間・環境デザイン工学専修

空間・環境をデザインする工学としては、都市・建築工学、交通・土木工学、宇宙・機械工学、ロボット工学、環境工学、エネルギー工学、情報・通信工学などの分野が挙げられます。いま、これらの諸分野間のダイナミックなインタラクションを探求するとともに、こうした工学技術を有機的に統合化するシステムデザインが求められています。空間・環境デザイン工学専修は、計算能力およびシミュレーション技術を駆使して広く空間・環境をデザインする工学に共通する基盤科学技術を確立し、その上に新しいシステムを創造することを目的としています。

環境エネルギー科学専修

脱炭素社会への移行、SDGsの実現へと貢献する学術において中心的役割を担うのが環境エネルギー科学です。環境エネルギー科学専修は、エネルギーの科学である熱力学、地球環境を理解するための環境化学、エネルギー環境技術の基盤をなす物質科学に加え、これらの分野の学術的成果を社会実装するための化学工学を専門とする研究室が、機械工学分野と応用化学分野から集まって構成されます。環境とエネルギーの問題の多面性に対応すべく分子レベルから産業プラントスケールまでを研究と教育の対象としています。

応用力学・計算力学専修

近年、計算機および数値シミュレーションの技術は目覚ましい発展を遂げ、これまで実験的には難しかった物理現象の解明が計算機を利用することにより可能になってきています。また、産業界でもこれらの技術を活用した先進的な機器設計が重要になっています。応用力学・計算力学専修では、計算力学的手法を用いた様々な物理現象の解明や広範な科学技術分野への応用はもとより、数理解析、理論解析、実験的解析、および、数値計算スキーム、計算技術、計算機ハードウェア、ポスト処理技術の開発などに関する研究を行っています。

情報工学専修

人間社会において、情報はエネルギー、物質と並んで大きな位置を占めています。情報は人間と人間、人間と自然、人間と機械、機械と機械を結んでいます。こうした結び目の役割を円滑にするための基盤技術である情報工学なくして社会基盤を形成することはできません。本専修では、コンピュータサイエンス、情報通信ネットワーク、インタラクティブメディア、という3つの分野から、新たな情報工学技術の構築を目指した研究を行い、産業界・アカデミアにおいて人間を中心としたデジタル情報社会基盤の創造に貢献できる人材を養成します。

オープンシステムマネジメント専修

様々な人間が形づくる組織や社会は、有機的に関連しており、周囲の環境と出入りがあって明確な外部との境界が定めにくいものとなりつつあります。人間・組織・社会を個別の系としてではなく、包括的にオープンシステムとして捉えて問題を発見し解決するための統合的な方法が求められています。オープンシステムマネジメント専修では、管理工学の基礎研究で積み上げられ体系化されてきた数理技術・情報技術等を統合し活用することにより、現実の問題解決のための新たな方法論の創造と応用技術の開発を推進していきます。

Science for Open and Environmental Systems

The Center for Space and Environment Design Engineering

The Center for Space and Environment Design Engineering focuses on fundamental science and technology for design engineering of space and environment relating to humans, architecture, urban systems, transportation, and aerospace. This is based upon creation and integration of innovative systems for humane techno-oriented society. This Center applies transdisciplinary and advanced approaches to research and education, all supported by advanced information technology including computational science and human media technology.

Key words: Aerospace, Urban Systems, Environment, Transportation, Architecture, Human, Computational Engineering

The Center for Science of Environment and Energy

Science of environment and energy should play a dominant role toward the establishment of carbon neutral society and accomplishment of SDGs. The Center for Science of Environment and Energy consists of the research groups, based in the fields of mechanical engineering and applied chemistry, working on thermodynamics, the science of energy, environmental chemistry to understand global environment, materials science for the energy and environment technologies and chemical engineering to implement the engineering science in industry and society. The targets of research and education in this center are diverse from molecular level to industrial plants.

Key words: Sustainable Science and Technology, Thermodynamics, Environmental Chemistry, Materials Science, Chemical Engineering, Green Chemistry

The Center for Applied and Computational Mechanics

The recent progress in the computer and numerical simulation technologies enables us to clarify the physical phenomena that have been intractable with experiments. In industries, advanced computer-aided design gains increasing importance. In the Center for Applied and Computational Mechanics, we clarify various physical phenomena using the methods of computational mechanics and apply the methods to wide areas of science and technology. We also conduct mathematical, theoretical, and experimental analyses, as well as development of numerical simulation schemes, computation techniques, computer hardware, and post-processing techniques.

Key words: Mechanics, Analysis, Synthesis, Design, Optimization

The Center for Information and Computer Science

Information is considered to be one of the most important entities in our lives, as well as energy and material. Information helps to relate nature to human, human to human, human to machine, and machine to machine. ICT is the fundamental technology that achieves such excellent relations for social infrastructure. By promoting researches for establishing new ICT from three different fields-computer science, information communication networks, and interactive media, members of the Center for information and Computer Science are fostering talented persons who contribute to building a human-centered digital information society in both industry and academia.

Key words: Computer Science, Big Data, Cloud Computing, Communication Networks, Information Security, Interactive Media, Robotics, Artificial Intelligence, Virtual Reality

The Center for Open Systems Management

Modern human organizations and societies are interrelated, forming an open system, in that they have blurred boundaries and frequent interactions with the surroundings. There is a growing need to develop a framework for problem identification and solution technology based upon the concept of humans, organizations and society as an open system rather than individual entities. Applying the basic research activities and results developed systematically in the area of industrial systems engineering, the Center for Open Systems Management builds new methodologies and application technologies for problem solving.

Key words: Computer/Information Science, Economic Analysis, Financial Engineering, Human Factors, Industrial Engineering, Management Science, Operations Research, Statistics, Systems Engineering