

通信情報システムコース

高度情報化社会を現実のものとするためには、人間社会のニーズを捉えた高度な情報処理技術と通信技術の更なる進展が不可欠である。情報処理技術の分野ではコンピュータの社会への浸透、とりわけ企業から個人への利用拡大に伴い情報処理装置の高機能化・高性能化とともに小型化への要求やユーザーフレンドリーなシステムの実現などが強く求められている。また通信技術の分野では、世界規模の企業活動あるいは個人活動を支えるインフラストラクチャとして何時でも何所でも自由に大容量のマルチメディア情報を送受信することのできる高機能・高信頼な通信網の実現が求められている。さらに IT 時代に向け、産業構造として発展の経緯を異にする情報処理と通信とがその距離を縮め密接不可分な関係に進展するものと考えられる。

本コースではこういった時代の流れを先取りするとともに、それぞれの要を世界最高水準の技術によって実現するため、情報処理の中核となる新しい計算機システム構成とアルゴリズム・ソフトウェア、高度情報化社会を支える情報伝送・ネットワーク技術、大規模高性能な情報回路と LSI 技術、集積システム応用等の教育研究を行っている。また、協力講座においては地球大気環境の観測・情報処理等やスーパーコンピュータを利用した高性能計算技術、インターネット技術などに関する教育研究を行っている。

特に修士課程においては、上記の研究分野についての基礎教育を行い、いわゆるハードウェアとソフトウェアを統合することのできる、また、目的に合わせて理論と応用を結合することのできる研究者・技術者の育成・輩出を目指している。

この目的を達成するため、入学者選抜に際しては、これに必要な電気電子工学、情報学、計算機工学の十分な基礎学力を有すると共に、これを発展させ応用する能力を有することを基準として選抜を行う。また、本コースの特色として、博士課程の社会人学生を数多く受け入れてきた実績がある。産業界でのキャリアを重視することが本コースの重要な柱の一つである。

Course of Communications and Computer Engineering

Achieving a highly information-oriented society will require further progress in information processing and communications technologies, and these technologies must be designed to meet the needs of human society. In the area of information processing technology, the spread of computers into society and the extension of their use from companies to individuals have created new needs for information processing devices that offer advanced functions, high performance, compact sizes, and user-friendly systems. Meanwhile, in the area of communications technology, there is growing demand for high-performance, highly reliable communications networks that serve as an infrastructure for everything from global-scale business to personal-level activities by enabling the transmission of large volumes of multimedia information at will, whenever and wherever required by the user. Information processing and communications took different paths in their development as industries, but as we move into the IT age, the distance between them will be shrinking and they indeed will in many aspects be inseparable.

This course anticipates the requirements of the future and develops the advanced, world-class technologies that are the keys to achieving them. Our education and research encompasses such topics as new computer system configuration and algorithm software that will become key information processing technologies, information transmission, and networking technologies to support highly information-oriented societies, large-scale high-performance information circuits and LSI technologies, and integrated system applications. We also offer collaborative divisions that examine observation and information processing in the context of the global atmospheric environment and divisions that examine high-performance computing with supercomputers and internet technology. In the master's program, in particular, we provide the foundation education required for these research fields, endeavoring to train researchers and engineers who are able to integrate hardware and software and to combine theory and application in order to address specific goals.

Candidates for admission are expected to have basic academic skills in the areas of electrical and electronic engineering, informatics, and computer engineering as well as the skills and capacity to develop and apply these disciplines. One of the distinguishing features of this course is the large number of older students returning to study after gaining experience in the business world. The course places great emphasis on careers in industry.

【通信情報システムコース】

志望区分	講座名	分野名
通－1	コンピュータ工学	コンピュータアルゴリズム
通－3		コンピュータソフトウェア
通－4	通信システム工学	デジタル通信
通－6		知的通信網
通－7	集積システム工学	情報回路アーキテクチャ
通－8		低電力集積回路デザイン
通－9		集積回路コンピューティング
通－10	地球電波工学（協力講座）	リモートセンシング工学
通－11		地球大気計測
通－12	情報通信基盤講座（協力講座）	スーパーコンピューティング
通－13		高機能ネットワーク

[Course of Communications and Computer Engineering]

Application Code	Division	Group
CCE- 1	Computer Engineering	Computer Algorithms
CCE- 3		Computer Software
CCE- 4	Communications Systems Engineering	Digital Communications
CCE- 6		Intelligent Communication Networks
CCE- 7	Integrated Systems Engineering	Processor Architecture and Systems
CCE- 8		Low-Power Integrated Circuit Design
CCE- 9		Integrated Computing Systems
CCE- 10	Radio Atmospheric Science (collaborative division)	Remote Sensing Engineering
CCE- 11		Atmospheric Observations
CCE- 12	Information and Communication Infrastructure (collaborative division)	Supercomputing
CCE- 13		Multimedia and Secure Networking

志望区分：通一1

コンピュータ工学講座 コンピュータアルゴリズム分野

<https://www.lab2.kuis.kyoto-u.ac.jp/>

研究室構成

教員 湊 真一 教授, 川原 純 准教授, Jansson Jesper 特定准教授,
 岩政 勇仁 助教, 安戸僚汰 助教

学生 M2 (8名), M1 (5名), 研究生(1名), B4 (未定)

研究テーマ

コンピュータはハードウェアとソフトウェアから成りますが、いずれも論理的な計算手順（アルゴリズム）にしたがって動作しています。アルゴリズムの技法と計算量の理論は、計算機科学の中核をなす学問であり、それらが多くの応用を持つことは言うまでもありません。我々は、「アルゴリズム」をキーワードとして、その基礎理論、実装技術、そして実応用の研究開発を進めていきます。具体的には以下のような研究課題に取り組んでいます。

1. 離散構造処理アルゴリズムの技法とその応用

論理関数や組合せ集合などの離散構造を表す大規模データを計算機上にコンパクトに表現し演算処理を効率よく行う技法は、計算機科学の様々な応用分野に共通する基盤技術として非常に重要であり、現代社会に対する大きな波及効果を持ちます。我々は、BDD (Binary Decision Diagram; 二分決定グラフ) およびその発展形を用いた離散構造処理系の研究開発と工学的応用に取り組んでいます。本研究室における超高速・大規模な離散構造の列挙・圧縮・索引化等の演算処理技法は、世界的にも先駆的な技術であり、しかも実用レベルでも十分通用する性能を有しています。ハードウェア・ソフトウェアの設計問題、大規模システムの故障解析、制約充足問題、データマイニングと知識発見、機械学習と自動分類、配電網の解析と制御、バイオインフォマティクス、ウェブ情報解析、地理情報処理、選挙区割り問題など、様々な応用分野の研究者と協同しながら研究を進めています。

2. 組合せ最適化と数理構造

組合せ最適化問題とは、グラフなどの離散的な台集合上に定義された最適化問題です。多くの組合せ最適化問題は ($P \neq NP$ のもとで) 多項式時間で解けないNP困難やco-NP困難というクラスに属する一方、問題の背後にある「良い数理構造」を利用することにより多項式時間で解ける問題も存在します。我々は、この「良い数理構造」を明らかにし、どの問題が多項式時間で解けてどの問題が解けないのか、を明確に分類することを目標に研究を進めています。良い数理構造としてよく現れるのは、「離散凸性」と呼ばれる、整数格子点上に定義された関数の「凸性」です。離散凸性に関する理論 ---離散凸解析--- は、劣モジュラ性(限界効用逓減性を抽象化した性質)を拡張した概念であるL凸性と、マトロイド(ベクトル空間における一次独立性を抽象化した組合せ構造)を拡張した概念であるM凸性を軸に、多様な数学の理論を駆使して展開しています。近年は、L凸関数やM凸関数のさらなる拡張概念も明らかになりつつあり、まだまだ進展する理論だと考えています。離散凸性は、組合せ最適化のみならず、経済学や、ゲーム理論、機械学習等、様々な分野に現れる数理構造であるため、分野を横断した研究が可能です。

Application Code: CCE- 1

Computer Algorithms Group, Computer Engineering Division

<https://www.lab2.kuis.kyoto-u.ac.jp/en/>

Laboratory Members

Teaching Staff	Professor MINATO Shin-ichi, Associate Professor KAWAHARA Jun, Associate Professor (program-specific) JANSSON Jesper, Assistant Professor IWAMASA Yuni, Assistant Professor YASUDO Ryota
Students	M2 (8), M1 (5), Research Student (1), B4(TBD)

Research Topics

A computer system consists of hardware and software. Both parts work according to a logical procedure: “algorithm.” The art of algorithms and complexity theory are core areas in computer science, and needless to say have a multitude of applications. We investigate fundamental theory, state-of-the-art techniques, and real-life applications of “algorithms,” a keyword of our laboratory. More specifically, we are considering the following research topics.

1. Discrete Structure Manipulation Algorithms and Their Applications

Discrete structures (e.g. logic functions and combinatorial sets) are foundational material for computer science and mathematics. Many problems solved by computers can be decomposed into discrete structures using simple primitive algebraic operations. It is very important how to compactly represent large-scale discrete structure data and to efficiently operate them. In our laboratory, we are working on discrete structure manipulation systems based on BDDs (Binary Decision Diagrams) and their variants, as well as many kinds of practical applications of the systems. Our algorithmic techniques, such as enumeration, compression, and indexing of large-scale discrete structure data, are not only the pioneering work in the world but also useful for solving real-life problems. We are collaborating with top-level researchers in many different application fields, such as hardware/software system design, fault analysis of large-scale systems, constraint satisfaction problems, data mining and knowledge discovery, machine learning and classification, analysis of electric power supply networks, bioinformatics, web data analysis, geographical data processing, partitioning electoral districts, etc.

2. Combinatorial Optimization and Mathematical Structure

The aim of combinatorial optimization is to find an optimal object among a collection of (infinite or exponentially many) discrete objects such as graphs. Many of combinatorial optimization problems are NP-hard or co-NP-hard. That is, under the widely believed conjecture that $P \neq NP$, there is no polynomial-time algorithm for solving them. On the other hand, polynomial-time solvable combinatorial optimization problems also exist, in which we utilize "good mathematical structures" to devise efficient algorithms for them. Our major goals are to clarify the good mathematical structures, and to classify what combinatorial optimization problems are tractable and what are not. Discrete convexity, which is "convexity" of a function defined on the integer lattice, often appears as a good mathematical structure. The theory of discrete convexity --- Discrete Convex Analysis (DCA) --- is built on two kinds of convex functions, called L-convexity and M-convexity, and is expanding by using a variety of mathematics. Here L-convexity is a generalization of submodularity (an abstraction of the diminishing return property), and M-convexity is a generalization of matroid (a combinatorial structure abstracting and generalizing linear independence in vector spaces). The scope of DCA has been broadening by recent generalizations of L-/M-convexity, and hence DCA can develop further. Discrete convexity appears not only in combinatorial optimization, but also in economics, game theory, machine learning, and so on. Therefore we can explore a variety of areas via discrete convexity.

志望区分：通-3

コンピュータ工学講座 コンピュータソフトウェア分野

<http://www.fos.kuis.kyoto-u.ac.jp/>

研究室構成

教員 五十嵐淳教授、末永幸平准教授、和賀正樹助教、池淵未来助教
松下祐介特定助教、Chao Hsieh 特定助教

ポスドク研究員 1名

学生 D3(3名), D1(1名), M2(6名), M1(5名), B4(未定)

研究テーマ

プログラミング言語を主要テーマとして高効率・高信頼ソフトウェア構築のための理論と応用に関する研究を行っています。特に、型理論・モデル検査など、数理論理学に基づくプログラム検証技法の理論とその応用、そして関数プログラミングやオブジェクト指向プログラミングの考え方を生かした、抽象度が高い記述が可能なプログラミング言語の設計・開発に取り組んでいます。

1. プログラム検証

高信頼なプログラムを作るための形式手法，すなわち，プログラムやシステムの正しさをその**プログラムを実行することなく(半)自動チェックするための手法**を研究しています。特に最近は，(1)C言語などのポインタ操作を行う**低水準プログラムの形式検証のための所有権と節型システムの統合**，(2)**強化学習等を用いた検証アルゴリズムの高速化**，(3)ブロックチェーン上で動作する**スマートコントラクトの検証**，(4)**物理情報システムのための(軽量)形式手法**，(5)**証明支援系の改良**などに力を入れて研究しています。

2. 高水準プログラミング機構の理論・設計・実装

プログラミング言語はコンピュータの応用分野の拡がりとともに発展してきました。古くは、FORTRAN が数値計算のために、C がシステムプログラミングのために開発されたように、ソフトウェアの質を高めるためには、応用分野にあった抽象化機構を提供する必要があります。当分野では、新しいプログラミング言語・抽象化機構の開発を理論面から実装面まで多岐にわたる研究をしています。特に最近は、(1)静的検証と動的検査の互いの長所を生かして融合させるための研究として、ひとつの言語に動的・静的型検査を混在させるための**漸進的型付け**や、テストプログラムを命題として使いプログラムの仕様記述、静的検証、動的検査に用いるための**ソフトウェア契約の基礎**，(2)プログラム片をデータとして扱い、実行時にコード生成・実行を行うための**多段階プログラミング**と呼ばれる技法のための言語機構・型システム，(3) **量子計算のための型システム**，(4) プログラミング言語の理論研究の基盤ともいえる**型付ラムダ計算、等式理論、項書換系の理論**などを研究しています。

当研究室では、国内外の大学・企業に所属する様々な研究者とも共同で研究を進めており、ソフトウェアの理論分野で国際的に活躍できる環境が整っています。ソフトウェアの「正しさ」「安全性」についてとことん考えたい人を歓迎します。

Application Code: CCE- 3
 Computer Software Group, Computer Engineering Division
<http://www.fos.kuis.kyoto-u.ac.jp/>

Laboratory Members

Teaching Staff

Professor IGARASHI Atsushi, Associate Professor SUENAGA Kohei, Assistant Professor WAGA Masaki, Assistant Professor IKEBUCHI Mirai, Program-specific Assistant Professor MATSUSHITA Yusuke, Program-specific Assistant Professor Chao HSIEH

Post-doc researchers

1

Students

D3(3), D1(1), M2(6), M1(5), B4(TBD)

Research Topics

We conduct research on theory and practice of programming languages for constructing efficient and dependable software. In particular, we are interested in the theory and practice of **formal program verification** based on mathematical logic, including type theory and model checking, and in **the design and implementation of new high-level programming languages**.

1. Program verification

We are investigating formal verification, mathematically correct algorithms for making software reliable, which are becoming popular not only in academics but also in industry. More concretely, our recent research topics include: (1) **fractional ownership and refinement type systems** for formal verification of low-level, pointer-manipulating programs; (2) **fast program verification algorithms using reinforcement learning**; (3) **(lightweight) formal methods for cyber-physical systems (CPS)**; (4) **verification of blockchain implementation and smart contracts**; and (5) **improvements of proof assistants**.

2. Theory, Design, and Implementation of High-level Programming Abstractions

Programming languages have been evolving as fields to which computers are applied have expanded. For example, FORTRAN was invented for numeric computation and C was invented for Unix system programming. To develop high-quality software, programming languages have to provide abstraction mechanisms suitable to application areas. We develop new programming abstractions and study them from various points of view---from theoretical to practical. In particular, our recent topics include: (1) **gradual typing** and **software contracts** to integrate static and dynamic program verification; (2) programming abstractions and type systems for **multi-stage programming**, in which programs manipulate program fragments as data, generate and execute new programs at run-time; (3) **type systems for quantum computation**; and (4) the theory of **typed lambda-calculi, equational systems, and term-rewriting systems** to investigate the essence of logic and computation.

Collaborating with domestic and foreign researchers from both universities and industry, we believe we provide an ideal research environment for those who would like to be actively involved in research on software foundations.

通信システム工学講座 デジタル通信分野

<https://www.dco.cce.i.kyoto-u.ac.jp>

研究室構成

教員名 原田 博司 教授、香田 優介 助教
学生人員 D2:2 名、D1:1 名、M2:6 名、M1:6 名、B4:5 名

研究テーマ

1. Beyond 5G/6G 移動通信システムに関する研究

携帯電話に代表される無線通信システムにおいては、全世界で利用される第4世代システムから、多種多様なユースケースに対応する第5世代システムに移行しつつある。本研究室では、さらにブロードバンドで超高効率な周波数利用を実現するBeyond 5Gまたは6Gと呼ばれる第6世代システムの実現に向けた要素技術の研究開発を行っている。

(a) マルチバンド・ブロードバンド無線通信システムに関する研究

通常のマイクロ波、UHF 帯携帯電話用周波数だけでなく、VHF、UHF Low バンド、センチメートル波、ミリ波、テラヘルツ波を用いた高能率ブロードバンド移動通信システムを実現するための、周波数利活用方式、通信方式、伝送方式、アクセスプロトコルに関する研究を行っている。

(b) ダイナミックスペクトラムアクセス(コグニティブ無線、ホワイトスペース)通信に関する研究

既に特定の利用目的のために割り当てられている周波数において、「空間的」、「時間的」に利用可能な周波数帯であるホワイトスペースと呼ばれる周波数帯を利用して、既存利用者に対して干渉させることなく第6世代無線通信システム用周波数として利用するための、周波数管理方式、通信方式、通信プロトコルの研究開発を行っている。

(c) 次世代セルラ系移動通信システム研究に関する研究

第6世代以降を志向した国際標準(3GPP)システムの研究開発として、送受信を同時に同じ周波数で実施する全二重(Full-Duplex)通信や、セルラの概念を根本的に見直した新しいアーキテクチャである Cell Free Network、さらに次世代モビリティとあらゆるモノを繋ぎ安全な自動自律運転を実現する V2X (Vehicular-to-Everything) 無線通信システム等に関して、方式提案や実装・実証実験、実仮想空間連携エミュレータ実装に至るまで総合的な研究開発を行っている。

(d) 機械学習の通信システムへの応用に関する研究

電波ビッグデータ(様々な電波の特徴量データおよび付随する関連データ)を活用し、受信した電波の特徴量を機械学習でモデル化し、当該電波を送出した端末の位置推定を実施するシステムの研究開発や、機械学習を用いた高能率な次世代通信方式の研究を行っている。

2. ワイヤレス M2M(Machine-to-machine)/IoT(Internet of Things)通信システムに関する研究

第5世代移動通信システム以降においては、人間のみならず、防災、減災、安全、安心を実現する固定、移動体に設置された大量のセンサー/メータ/モニター等の各種計測機器を収容する必要がある。本研究では、電源供給のみならず電池駆動によるセンサー/メータ/モニターでも利用可能な低消費電力型の無線通信システムWi-SUN (Wireless Smart Ubiquitous Network) の研究開発、特に通信方式、通信プロトコルの研究開発を行っている。研究成果は、実機に実装され、各種フィールドで伝送試験をし、米国電気電子学会 (IEEE) およびWi-SUNアライアンス等、国際標準化団体で標準化を行っている。

Application Code: CCE- 4
Digital Communications Group,
Communications Systems Engineering Division
<https://www.dco.cce.i.kyoto-u.ac.jp>

Laboratory Members

Teaching Staff Professor HARADA Hiroshi, Assistant Professor KODA Yusuke
Students D2 (6), D1 (1), M2 (6), M1 (6), B4 (5)

Research Topics

1. Technologies for the beyond 5G and 6G mobile communication systems

Mobile communications continue to evolve from broadband wireless access like the 4G mobile communications called “LTE-Advanced” to the 5G and the beyond mobile communication systems.. Our laboratory conducts fundamental research for the beyond 5G and 6G with the following topics:

(a) Multi-band and broadband wireless communication systems

Our laboratory conducts researches on channel modeling, transmission schemes, access protocols, and prototyping for the beyond 5G and 6G wireless communication systems operating on VHF, UHF, microwave, millimeter wave, and terahertz bands to achieve ultra-broadband communication systems with efficient spectrum usage.

(b) Dynamic spectrum access /cognitive radio /white space communication systems

The continued growth in demand for spectrum for wireless communications focuses attention on the potential of White Spaces (WS), which are spatially or/and temporally unused spectrum resources. To utilize the WS for the other wireless communication systems called the secondary systems, our laboratory researches enabling technologies on dynamic spectrum access, cognitive radio, and white space communication systems toward the beyond 5G systems.

(c) Next generation cellular mobile communication systems

As part of research and development for post-6th generation international standard (3GPP) systems, our laboratory are conducting comprehensive studies on advanced wireless communication technologies. These include full-duplex communication, which enables simultaneous transmission and reception on the same frequency; Cell-Free Networks, a novel architecture that fundamentally redefines the traditional concept of cellular networks; and V2X (Vehicular-to-Everything) wireless systems, which aim to connect next-generation mobility and all things to realize safe and autonomous driving. Our activities span from proposing new transmission schemes and implementing prototypes to conducting verification experiments and developing integrated emulators that bridge physical and virtual environments.

(d) Application of machine learning to communication systems

Our laboratory researches the application of machine learning to communication systems by utilizing Radio Big Data, which is referred to as data featured various radio waves. For example, our laboratory researches systems to estimate the location of terminals using received signal characteristics (e.g., received signal power and delay profiles) and machine learning, and also researches highly efficient next-generation communication methods using machine learning.

2. Wireless M2M (Machine-to-machine) /IoT (Internet of Things) communication systems

To realize an intelligent society with disaster prevention/reducing, safety living, smart agriculture, medical applications and effective use of energy and resources, the wireless M2M (Machine-to-machine) and IoT (Internet of Things) systems have been developed as one of the target applications of the beyond 5G system. Our laboratory researches advanced physical layer (L1), MAC/datalink layer (L2), and upper layer technologies based on the highly-efficient wireless smart ubiquitous networks (Wi-SUN) system with ultra-low power consumption. The research results are implemented in various prototypes, evaluated by field experiment on the real environment, and standardized in international standardization bodies such as IEEE and Wi-SUN alliance.

研究室構成

教員名

大木英司 教授, 佐藤丈博 准教授

学生人員

D3(1名), D2(2名), D1(2名), M2(9名), M1(5名), B4(5名)

研究テーマ

IoT (Internet of things) やビッグデータ関連技術の発展により、身の回りのあらゆるデバイスがネットワークに接続され、クラウドやエッジでのデータ処理を介して、多種多様なサービスが提供されています。このようなシステムを社会基盤として確立するためには、大量のトラフィックを送受信するネットワークや、データを収集し分析する計算機資源を高度に設計し、制御する技術が求められます。高速性・信頼性・柔軟性を兼ね備えた情報通信ネットワークについて、理論から実装まで幅広いアプローチで研究に取り組みます。代表的な研究テーマは以下の通りです。

1. 光ネットワーク:

光デバイスからシステムまで、先進的な光ネットワーキングのテーマに幅広く取り組んでいます。特に、波長分割多重や空間分割多重を利用した光ネットワークにおいて、波長あたりのデータ伝送容量を超えるトラフィック要求や変動に対応可能なように、弾力的に波長スペクトル資源を活用する光ネットワーキング技術を、数理的アプローチを用いて研究しています。

2. ネットワークのソフトウェア化/仮想化:

SDN (Software-Defined Networking) 技術により、物理ネットワーク上に様々なサービスの提供に適した論理ネットワークを柔軟に構成し運用することが可能となります。また、NFV (Network Function Virtualization) 技術により、ネットワーク装置は汎用のハードウェア上に仮想的な機能として定義されます。このような仮想化技術を導入したネットワークにおいて、トラフィック観測やユーザの要求に基づく制御を行い、数理最適化や機械学習等の手法を用いて、ネットワーク資源の利用効率化を図る技術を研究しています。

3. 高信頼なネットワーク制御:

ネットワーク上に流れるトラフィックの量やデータの処理時間には不確定性が存在します。また、ネットワーク上のノードやリンクには故障が発生する可能性があります。これらの状況下でも継続的にサービスを提供できるように、ネットワークや計算機の資源割り当てを決めておく必要があります。数理最適化の手法を用いたモデル化、アルゴリズム設計、および実証実験等を行っています。

Application Code: CCE-6 Intelligent Communication Networks Group,
Communications Systems Engineering Division
<http://icn.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

Laboratory Members

Teaching Staff

Professor OKI Eiji, Associate Professor SATO Takehiro

Students

D3 (1), D2 (2), D1 (2), M2 (9), M1 (5), B4 (5)

Research Topics

In the context of recent advancement in Internet-of-things (IoT) and big-data technologies, devices around us are connected to networks and receives a wide variety of services through data processing in the cloud and edge. To firmly establish such a system as a social infrastructure, we need to design and control a network that exchanges a large amount of traffic and computation resources that accumulate and analyze data. Our laboratory is working on the research and development of high-speed, reliable, and flexible networking technologies, with both theoretical and practical approaches. The followings are major research topics in our laboratory.

1. Optical networking:

We study various aspects of optical networking technologies including network design and control, systems, and devices. Especially, we research elastic optical networks and space division multiplexing networks, which flexibly assign network resources including spectrums and fiber cores under the condition of unpredictable traffic demands, from mathematical approaches.

2. Network softwarization/virtualization:

With software-defined networking (SDN) and network function virtualization (NFV) technologies, network devices are deployed as virtual functions working on general hardware devices, which enables network operators to provide customized services for their users flexibly and dynamically. Our laboratory works on the design and control technologies of virtualized networks based on network traffic observations and user demands. We focus on improving the efficiency of network resource usage by using methods such as mathematical optimization and machine learning.

3. Highly reliable network control:

There are uncertainties in the traffic amount and data processing time in real network systems. In addition, nodes and links on the network can fail. The allocation of network and computation resources need to be determined so that services can be continuously provided even under these situations. Our laboratory works on this topic by exploiting mathematical optimization modeling, algorithm design, and demonstration experiments.

集積システム工学講座 情報回路方式分野

<https://vlsi.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

研究室構成

教員名 佐藤高史 教授, 栗野皓光 准教授
学生人員 D3(1名), D2(2名), D1(1名), M2(10名), M1(7名), B4(5名)

研究テーマ

生活を豊かにするために創出される新しい情報システムを実現する基盤技術として、多様かつ高性能な集積回路(LSI)が今後ますます求められる。本研究室では、LSIの構成(どんな要素回路をどう組み合わせたらよいか)と設計技術(どうしたら効率よく設計できるか)について「実践的・実証的に」をモットーに、主に以下のテーマで研究・開発を進めている。

1. 超高集積・高可用性を保证する回路設計技術

自動車、ロボットや医療等では、高性能と高信頼性の両立が当然のこととして要求される。数十億もの素子を相互接続して実現する回路を、効率良くしかも特性を保証しながら設計するには、物理が支配する素子レベルのミクロな視点から、システム全体を俯瞰するマクロな視点までを的確に抽象化して回路を最適化する技術が必要となる。素子物理を正確に、または大規模回路を適切にモデル化し解析するための数理的手法、回路構成手法、および設計手法について、ハードウェアとソフトウェアの両面から研究する。

2. 高エネルギー効率集積システムの研究

電気エネルギーの効率的な活用は、安心安全でより豊かな社会生活を実現する技術の中核となる。本研究室では、限られた電源のもと長い期間動作する必要のあるセンサネットワークに向けた超低消費電力回路の設計技術に取り組んでいる。また、小型発電デバイス技術から、SiC等の高耐圧デバイスのモデリングと回路設計技術等に関する研究まで、エネルギーの効率的利用に役立つ回路技術の研究を幅広く行っている。

3. 集積回路応用システム(画像処理・センシング)の研究

上記の基盤技術を発展的に適用する応用システムとして、各種画像処理やセンシング向けのLSI、暗号回路とそのプロトコルおよびそれを用いたシステムの方式検討を行っている。特に近年需要が高まっている画像認識ではニューラルネットワークなどの機械学習アルゴリズムが用いられているが、これらの処理は膨大な演算量を必要とする。本研究室では高精度な画像認識処理を高速かつ低電力で実現できる、新しいプロセッサの開発に取り組んでいる。また、圧縮センシングと呼ばれる技術を用いた高効率イメージセンサや、印刷可能な静電容量センサを用いたジェスチャー認識など、回路設計技術と信号処理手法の双方を融合させた、先進的なセンシングシステムについても研究を行っている。

Application Code: CCE- 7

Processor Architecture and Systems Synthesis Group
Integrated Systems Engineering Division*<https://vlsi.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>***Laboratory Members**

Teaching Staff Professor SATO Takashi, Associate Professor AWANO Hiromitsu

Students D3 (1), D2 (2), D1 (1), M2 (10), M1 (7), B4 (5)

Research Topics

Innovative information systems that enrich our daily lives are all based on semiconductor technologies. Design of diverse and high-performance large scale integrated circuits (LSI) is particularly important to enhance usefulness of those systems. In our group, we study LSI architecture (how circuit modules are combined) and computer-aided design (how we can improve design efficiency) with practical and empirical approach. Many projects are conducted jointly with industry, and some of our results have been commercialized. One example is an image-processing LSI. Below are our representative research topics.

1. Computer-aided design for ultra-large scale integration and ultra-high availability

Performance and reliability are the mandatory requirements for LSI used in critical applications such as automobiles, aviation, robots, and medical instruments. Designing modern circuits having several billion components and interconnections is in itself a difficult task. In order to ensure performance and reliability of the circuits fabricated in miniaturized process technology, we study computer-aided design methodologies for LSI. Device modeling to handle different levels of abstraction, at both the micro level of individual devices dominated by semiconductor physics and at the entire macro level of the system, is developed to efficiently but accurately represent circuit property. Analysis and optimization techniques are studied from both hardware and software aspects.

2. Energy-efficient LSI system

The efficient use of electrical energy is the key enabler for our improved quality of life. We study a design methodology that realizes extremely low power circuits, such as the devices used in sensor network systems, which need to operate for a long period under a very limited power supply. Design of energy harvesting devices and transistor modeling for high voltage devices are also in our interest.

3. Advanced LSI systems (image processing/sensing systems)

We also study advanced applications for LSI systems such as image processing, sensing systems, and applied cryptography. For such applications, efficient analysis and processing for big data is indispensable, which require a large amount of computations. We study new processor architectures for high-performance and low-power computing that are suitable for image recognition and sensing systems. We are also working on sensor devices such as image sensors and capacitive sensors to develop advanced sensing systems by combining circuit design and signal processing techniques.

集積システム工学講座 大規模集積回路分野<https://vlsi.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>**研究室構成**

教員名 新津葵一 教授，劉昆洋 助教

学生人員 D2 (1), M2(2), M1(5), B4(5), 研究生(1)

研究テーマ

大規模集積回路は、様々な産業を下支えする重要な社会情報基盤となっています。本分野では、大規模集積回路の高エネルギー効率化設計技術の研究開発を通して、社会をよりよくすることを目指します。大規模集積回路設計技術の基礎を身に着けるとともに、その特性を活かした社会実装までを見据えて、社会価値創造までつなげることを目指します。

大規模集積回路の研究開発においては、基礎となる基盤技術とその応用が、密接に結びついており、基礎と応用は切っても切り離せない関係にあります。基礎的な基盤技術が応用を生み出すケースもあれば、応用での必要性から基盤技術が発展することがあります。どちらも大変重要ですが、興味に合わせて、基盤技術と応用技術のどちらも研究できる環境を構築しています。

大規模集積回路の研究開発においては、計算機シミュレーションにおける回路設計のみならず、実際の集積回路を試作・評価して性能を実証することが非常に重要となります。本研究室では、12nm FinFET, 22nm Bulk CMOS プロセスといった世界中で使用されているファウンドリ（半導体製造受託企業）を活用して、年に複数回の試作機会を提供します。在学中に複数回の半導体集積回路試作・評価を経験することを目指しています。

1. 高エネルギー効率・大規模集積回路設計基盤技術の開発

大規模集積回路の高性能化は近年、歴史的な変換点を迎えています。ピーク性能の向上が難しくなり、高エネルギー効率化への注力化が鮮明となっています。スマートフォン向けのアプリケーションプロセッサにおいて、同じバッテリー容量下での演算性能が年々向上しているように、単位演算性能あたりのエネルギー効率は、改善の一途をたどっています。これは、半導体製造プロセスの微細化(28nm, 16nm, 7nm, 5nm…といった最小加工寸法の微細化)によるもので今後も継続が予想されており、0.2nm までのロードマップが描かれています。

本研究室では、この大規模集積回路の製造プロセスの進化に親和性が高く、半導体産業の発展に伴って拡張的に性能向上が可能（スケラブル）な、高エネルギー効率・大規模集積回路設計基盤技術に取り組みます。回路技術をイラスト上で定性的に構想するところから、計算機での定量的なシミュレーション、そして実集積回路デバイス上での評価までを一貫して実施します。深い集積回路への知識と共に、応用を見据えて回路性能に落とし込む幅広い視野を育むことを目指します。

2. 高エネルギー効率・大規模集積回路を活かした応用技術の開発

大規模集積回路の高性能化により、これまでには想定しえなかった新たな応用が花開いています。エネルギー効率の向上により、Beyond5G/6G を担う超低消費電力・超高速無線通信やバイオ・医療応用 IoT デバイスなど我々の生活を豊かにする技術が大規模集積回路の特長を活かして実現・開発されています。歴史的に、職人芸とされるアナログ・高周波向け大規模集積回路開発や開発リスクの高いバイオ・医療応用大規模集積回路開発は、大企業のみでなく小規模なスタートアップ・大学研究室からも革新的な成果が生まれています。

本研究室では、最終製品ならびにその製品を活用したサービス、そしてそのサービスを通じて実現される社会を自身で想定し、それを実現するための高エネルギー効率・大規模集積回路を設計・開発することを目指します。社会受容シナリオを描くことから、必要な大規模集積回路仕様の策定・そしてプロトタイプ作成までを一貫して取り組みます。将来最終製品として社会実装することを目指して研究開発を行います。アナログ・高周波向け大規模集積回路設計技術を身に付け、それを特定用途へと応用させて、社会実装までをイメージ可能なプロトタイプまでを作成できる力を育むことを目指します。

Application Code: CCE- 8
Integrated Circuits Design Engineering Group
Integrated Systems Engineering Division
<https://vlsi.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

Laboratory Members

Teaching Staff	Professor NIITSU Kiichi, Assistant Professor LIU Kunyang
Students	D2 (1), M2(2), M1(5), B4(5), Research Student (1)

Research Topics

Integrated circuits become one of the most important social infrastructures. Our laboratory aims at improving our society by developing energy-efficient design engineering of integrated circuits. We are focusing on not only developing energy-efficient circuit design techniques itself but also creating final applications and social scenarios with them.

Research and development of integrated circuits inherently has aspects of fundamentals and application. Sometimes fundamental technologies create new applications, and at other times applications drive fundamental technologies. Since both are important, we are preparing the environment where the students can choose and focus on fundamental and/or application research according to their interests.

It is quite important to develop the prototype integrated circuits as well as simulation with EDA for becoming an excellent designer. Our laboratory offers several chances per year to experience design, simulation, and developing with a widely used CMOS process such as TSMC 22nm ultra low leakage power RF/analog CMOS technology. Our target is offering students experience of several cycles from design to measurement.

1. Developing fundamental design technique for energy-efficient integrated circuits

Recently, the trend on performance improvement of integrated circuits has been changing. Traditional peak performance enhancement becomes difficult and energy-efficient design becomes more and more important. As we can feel the year-by-year rapid performance improvement of application processors in smartphones with almost constant battery capacity, energy efficiency per data processing is being improved even now. This is mainly thanks to CMOS process technology scaling such as 28nm, 16nm, 7nm, 5nm, ... This CMOS technology scaling is expected to continue and one of the technology roadmaps forecasts a future development of 0.2 nm.

Our laboratory focuses on scaling-friendly energy-efficient circuits design technology which can improve its performance as progress of technology scaling. From qualitative conceptual images to quantitative simulation and device prototyping, the student can experience entirely. Our target is encouraging the students to get both deep insight of integrated circuits design and wide knowledge of applications.

2. Creation of innovative application employing energy-efficient integrated circuits

Recently, energy-efficiency improvement of integrated circuits enables new innovative applications. For example, ultra-low power yet ultra-high speed wireless communication technology and biomedical IoTs are realized by energy-efficient integrated circuits. Historically, analog/RF CMOS circuits design and biomedical circuits have been proposed and developed by not only large companies but also small-scale startup companies and university laboratories. Our laboratory focuses on the creation of innovative applications employing energy-efficient integrated circuits and its lifestyle. From making scenarios of commercialization to research and development of prototype based on the custom-made integrated circuits, the student can experience entirely. Our target is encouraging the students to get both deep analog/RF circuit design techniques and the ability of pioneering new innovation with integrated circuits.

志望区分:通-9

集積システム工学講座 集積コンピューティング分野

<https://vlsi.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

研究室構成

教員名 橋本昌宜 教授, 上野嶺 准教授, 白井僚 助教
学生人員 D3(1名), D2(2名), D1(2名), M2(6名), M1(5名), B4(5名)

研究テーマ

社会はAIやIoTなどますます情報システム基盤に依存するようになってきています。人命や財産を取り扱う情報システムには高い信頼性が求められます。トランジスタの微細化によってもたらされた半導体デバイスの極低電力化・極小体積化は、環境に溶け込んだアンビエントコンピューティングを実現しつつあります。一方で、トランジスタの微細化が不透明さを増す中、新しい原理に基づいたコンピューティングの模索が続いています。本分野では「コンピューティング基盤を創る」を掲げ、信頼できる高性能コンピュータハードウェアをいかに設計するか、安全なコンピューティング基盤をどう実現するか、我々の生活を変えるコンピューティングシステムはなにかを追究しています。

1. 信頼できる高性能コンピュータハードウェアをいかに設計するか

地上には宇宙線に起因する粒子が降り注ぎ、この粒子が運悪くコンピュータのメモリ付近で反応を起こすと、ソフトエラーと呼ばれるビット反転が発生します。ソフトエラーは、システムの誤動作やクラッシュを招き、自動運転や介護ロボットでは人命の危機を招きます。本研究室では、実機評価とシミュレーションによるソフトエラーメカニズムの解明、小さなオーバーヘッドで実現するシステムエラー耐性向上技術の開発を行っています。

トランジスタの微細化が限界に近付く中で、高性能化に向けて新しい計算パラダイムの開拓が求められています。計算精度を動的に調整することで、機械学習のエネルギー効率の向上や、環境変化による致命的な計算エラーを回避する技術の研究も行っています。常に同じ結果を出すコンピューティングハードウェアのパラダイムからの脱却になります。

2. 安全なコンピューティング基盤をどう実現するか

秘匿通信や認証、電子署名に基づく安全な情報通信システムの実現に暗号技術が使われています。クラウドでは安全性確保の観点から暗号化を行っています。暗号化したデータを利用するには一度復号する必要があり、情報漏えいを防ぐことは難しいという問題があります。本研究室では、暗号化したまま演算が可能な準同型暗号を用いた機械学習推論技術の開発を行っています。機械学習モデルを守りながら、データのプライバシーも保護して推論サービスが提供可能になります。

また、現在使われている暗号アルゴリズムの数学的な安全性は十分に評価されていますが、暗号アルゴリズムを実行するデバイスから生じる物理的な漏えい(消費電力や計算時間など)を解析して暗号を破る実装攻撃の脅威が指摘されています。本研究室では、実装攻撃に対して安全なコンピュータや暗号の実現方法を開発しています。さらに、現在開発が進んでいる量子計算機は、実用化すれば現在使用されている公開鍵暗号を効率的に解読可能なことが知られています。量子計算機実用化後の安全な情報通信のために耐量子計算機暗号の研究開発が進んでおり、本研究ではこれらの次世代の耐量子暗号の安全かつ効率的に計算する技術を開発しています。

3. 我々の生活を変えるコンピューティングシステムはなにか

IoTでは、取得したものの活用されことなく捨てられる情報が多数存在します。本研究室では、目視が困難なほど小体積な立方mm級デバイスを実現し、屋内外を問わず我々の生活環境に大量散布することで、「人間が意識せずともコンピュータと情報をやり取りする」新基盤技術の確立に取り組んでいます。

Application Code: CCE- 9
Integrated Computing Systems Group
Integrated Systems Engineering Division
<https://vlsi.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

Laboratory Members

Teaching
Staff

Professor HASHIMOTO Masanori, Associate Professor
UENO Rei,
Assistant Professor SHIRAI Ryo

Students

D3 (1), D2 (2), D1 (2), M2 (6), M1 (5), B4 (5)

Research Topics

Society is becoming more and more dependent on information system infrastructures such as AI and IoT. High reliability is required for information systems that handle human lives and property. The ultra-low power and ultra-small volume of semiconductor devices attained by transistor miniaturization are realizing ambient computing that blends into the environment. On the other hand, as transistor miniaturization becomes increasingly uncertain, the search for computing based on new principles continues. Under the objective of "Creating a Computing Infrastructure," this laboratory pursues how to design reliable high-performance computers, how to realize secure computing platforms, and what computing systems can change our lives.

1. How to design reliable high-performance computers

Particles originating from cosmic rays are falling on the earth, and several of them pass through our bodies every second. When these particles are unlucky enough to cause a nuclear reaction with silicon atoms near the memory of a computer, a bit flip called a soft error will occur. Soft errors can cause system malfunctions and crashes, and in the case of automated driving and nursing care robots, they can endanger human lives. In this laboratory, we are investigating the soft error mechanism by irradiating and simulating actual devices and developing error tolerance techniques for systems.

As transistor miniaturization approaches its limits, there is a demand for pioneering new computational paradigms to enhance performance. Research is being conducted on techniques to dynamically adjust computational accuracy, aiming to improve the energy efficiency of machine learning and avoid fatal computational errors caused by environmental changes. This represents a departure from the paradigm of computing hardware that always produces the same results.

2. How to realize secure computing platforms

Cryptography has been essential for security of information systems. Cloud services use encryption to ensure security, but encrypted data must be decrypted before it is processed, making it difficult to prevent information leaks against unauthorized access or fraud by insiders. In this laboratory, we are developing a machine learning inference framework using quasi-homomorphic cryptography, which is capable of performing operations while keeping the data encrypted. This makes it possible to provide inference services while protecting the machine learning model and the privacy of the data.

The mathematical security of modern cryptographic algorithms is sufficiently evaluated. However, a threat of implementation attacks, which extract secret information by analyzing side-channel information (such as power consumption and execution time) from computers, has attracted much attention. In this laboratory, we are developing computer architectures and cryptographic technologies secure against implementation attacks. Additionally, we are also developing computing platforms for post-quantum cryptography to counter threat of cryptanalyses using quantum-computers.

3. What computing systems can change our lives

In the IoT, there is a lot of information that is acquired but discarded without being utilized. In this laboratory, we are working to establish a new fundamental technology that enables "information exchange with computers without human awareness" by realizing cubic-mm class devices. The devices are so small in volume that they are difficult to see and are massively distributed in our living environment, both indoors and outdoors.

志望区分：通-10

地球電波工学講座 リモートセンシング工学分野

(生存圏研究所 中核研究部 レーダー大気圏科学分野)

<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/labs/yamamoto-lab/>

研究室構成

教員名 山本衛 教授、横山 竜宏 准教授
学生人員 M2(1名), M1(1名), B4(2名), 研究生(1名)

研究テーマ

大気中には、温度・水蒸気・電子密度に起因するわずかな屈折率の変動が存在します（身近な現象としては陽炎など）。この屈折率変動により、大気中に送信した電波はごく僅かに散乱され、その散乱電波から大気の状態を知ることが可能です。地球環境の将来予測や、宇宙開発に伴う宇宙環境の理解が不可欠な現在では、いま現在の地球大気・宇宙環境の状態を正しく把握するための観測手法・観測システムの開発が急がれています。当研究室では、電波を用いた大気の遠隔計測（リモートセンシング）に関するハードウェア・信号処理手法の開発（工学・情報学的な研究）と、大気中における諸現象の探求（理学・環境学的な研究）の両面から研究を進めています。

1. 大気リモートセンシング技術の開発

当研究室では、観測対象に応じた様々な周波数帯のレーダーシステムを開発してきました。滋賀県甲賀市信楽町に建設された VHF (50MHz) 帯の大型レーダー（MU レーダー）は大気中の僅かな屈折率変動による散乱電波から、高度 100km 以上の電離大気（電離圏）の電子の状態や、中層・下層大気（対流圏から中間圏）の大気風速の観測が可能です。MU レーダーは、地域社会や産業の発展に多大な貢献をしたと認定される歴史的業績として、2015 年に電気電子情報通信分野における IEEE マイルストーンに認定されました。また、インドネシアに建設された赤道大気レーダーを 10 倍高性能化する計画があり、直径 160m の巨大アンテナを備える VHF 帯大型レーダー「赤道 MU レーダー」のシステム設計も行っています。

2. 電離圏大気の研究

高度 100km 以上の地球大気上部は、太陽紫外線の影響により一部が電離した状態（プラズマ）で存在しており、電離圏と呼ばれています。電離圏プラズマ中を伝搬する電波は、反射、屈折、伝搬遅延といった影響を受け、GPS 等の測位衛星の誤差の要因となることから、電離圏の状況を正確に把握し、予測することが航空機・船舶等の運用においても重要視されています。当研究室では、レーダー、ロケット、人工衛星による観測を駆使し、電離圏で生じる電磁気現象の解明に取り組んでいます。また、当研究室で開発した衛星ビーコン電波受信機や GPS 受信機を用いた電離圏のトモグラフィ解像技術の開発や、数値シミュレーションを用いた電離圏擾乱現象の複雑な構造の再現と発生予測、電波伝搬に及ぼす影響に関する研究も実施しています。

3. 国際共同研究に基づく赤道大気の研究

赤道直下に存在するインドネシアは高い海面温度に囲まれた多数の島が存在し、また太陽放射が強い地域です。そのため対流活動が活発で、この対流活動に伴う大気中のエネルギー輸送は地球大気変動の駆動源となっています。当研究室では、インドネシアのスマトラ島に設置された VHF 帯の大型レーダー（赤道大気レーダー）を開発し、インドネシア航空宇宙庁の協力のもと熱帯大気の連続観測を実施しています。近年は、タイ、ベトナム、インド、中国等の周辺諸国とも連携し、東南アジア域の大気観測を包括的に実施することを目指しています。各国での観測は教員・研究者のみならず、多数の学生が現地での観測に参加し、多様な国際経験を積んでいます。

Application Code: CCE-10

Remote Sensing Engineering Group, Radio Atmospheric Sciences Division
(Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH))<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/labs/yamamoto-lab/>**Laboratory Members**

Teaching Staff	Professor YAMAMOTO Mamoru, Associate Professor YOKOYAMA Tatsuhiro
Students	M2 (1), M1(1), B4 (2), Research Student(1)

Research Topics

There are subtle variations in refractive indexes due to atmospheric temperature, humidity, and electron density. This refractive index fluctuation creates a small dispersion of radio waves transmitted in the atmosphere, and the scattered radio waves enable us to understand the state of the atmosphere. As it is essential today to forecast what will happen to the global environment, it is urgent that we develop systems and techniques to accurately capture the state of the global atmosphere and space environment. This laboratory develops the hardware and signal processing technologies for using radio waves in remote sensing of the atmosphere (engineering and informatics research) and also investigates phenomena in the atmosphere (scientific and environmental research).

1. Development of remote sensing technologies for atmospheric observation

This laboratory develops radar systems that employ a wide range of frequencies depending upon the object to be observed. VHF band radar (MU radar) uses the frequency of 46.5 MHz to capture the scattered radio waves caused by refractive index fluctuations in the atmosphere, making it possible to observe the state of electrons in the ionized atmosphere (ionosphere) at altitudes in excess of 100 km and wind velocities in the middle and lower atmospheres. The MU radar was dedicated as one of IEEE milestones in 2015. IEEE established the Milestones Program in 1983 to recognize the achievements of the Century of Giants which formed the profession and the technologies represented by IEEE. Moreover, we are designing a new VHF band radar system "Equatorial MU radar" with a huge antenna array of 160-m diameter.

2. Atmospheric phenomena in the ionosphere

The upper atmosphere above 100 km altitude is partially ionized and called ionosphere. Radiowave propagation is influenced by plasma in the ionosphere and may cause severe outage of satellite communication and navigation such as GPS. We are carrying out research to understand the electromagnetic phenomena in the ionosphere by combining in-situ observations by satellites and rockets with remote observations by radars. We are developing the tomographic technique for the ionosphere from total electron content measured by in-house developed satellite beacon receiver or by GPS receivers. Numerical simulation is another important way of our research, and we develop models to reproduce and forecast ionospheric disturbances and to understand radio propagation in the ionosphere.

3. Atmospheric phenomena in the tropical region based on international cooperative study

Indonesia in the tropical region comprises many islands surrounded by warm seas and is blessed with high levels of solar radiation. Consequently, activity of cumulus convection is strong, and the energy transportation in the atmosphere caused by this convection drives the global circulation of the earth's atmosphere. Our lab developed a large-sized VHF-band radar (Equatorial Atmosphere Radar, EAR) located at Sumatra island, and in cooperation with the Indonesian National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), we are conducting continuous monitoring of the tropical atmosphere. By utilizing the EAR and many other equipment installed at the radar site, we are working on understanding atmospheric and ionospheric phenomena in the equatorial/tropical region. We also collaborate with various countries such as Thailand, Vietnam, India, and China to develop comprehensive observation network in Southeast Asian region. Our research is conducted jointly with researchers from these countries. And thus many students of our Lab. participate in observations in Indonesia and other countries that help them have unique international experience.

志望区分：通－11

地球電波工学講座 地球大気計測分野

(生存圏研究所 中核研究部 大気圏精測診断分野)

http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/labs/hashiguchi_lab/

研究室構成

教員名 橋口浩之教授，西村耕司准教授，矢吹正教特任准教授

学生人員 D3(2名), D2(1名), M2(2名), M1(2名), B4(3名)

研究テーマ

本研究室では、電波・光工学、通信工学、データ科学を駆使した先進的計測技術、データ解析法の研究開発を行っています。また、国内外の研究拠点における地上観測および衛星観測を用いた地球大気の科学研究も進めています。欧米、アジア諸国との国際連携も特色であり、在学中から国際高度人材ネットワークに参画できます。

1. 大気レーダー観測・解析技術の研究

高性能・大出力のフェーズドアレイレーダーと、最先端の計測数理論、多次元信号処理・時空間解析手法を用いて、新たな大気圏計測課題に取り組んでいます。例えばレーダー散乱波からの3次元ベクトル風速場の推定、4次元乱流スペクトルの直接計測、電離圏擾乱による散乱の可視化など多様なレーダー観測技術・逆問題解析手法の研究開発を行っています。また、観測において障害となる山や航空機などからの強力な不要エコーを適応的に除去するアダプティブクラッター抑圧技術など、多数の技術実装、実証的研究も行っています。

各種レーダーとその他計測装置を国内外で運用し、極端気象や、物質循環過程の解明に繋がる大気科学研究を行っています。また、熱帯域における未知の大気現象を解明するための赤道MUレーダー計画を推進しています。

2. ライダー（レーザーレーダー）観測・解析技術の研究

ライダーでは大気中のエアロゾル、水蒸気などの大気微量物質質量や、気温など電波では観測が困難な物理量を計測することが可能です。本研究室では、これらを高精度、高時間分解能で計測するための、最先端のレーザー技術、分光技術の開発を行っています。また、各種ライダーを用いて、対流圏～中層大気、都市大気環境の観測を行い、大気の物理・化学プロセスの研究を実施しています。

3. ドローンや人工衛星を用いた計測技術の開発

・乱流は熱や物質の輸送に寄与する重要な物理現象ですが、その空間スケールが極めて小さいことから観測が難しい対象の一つです。日米仏の国際共同研究により、気象センサーを搭載した小型 UAV と MU レーダーとの同時観測実験(ShUREX(Shigaraki, UAV-Radar Experiment)キャンペーン)を実施し、乱流の実態解明を目指しています。

・グローバル大気循環や太陽地球系物理の理解のためには、中間圏や電離圏における物理現象の観測技術、解析技術は重要です。人工衛星・地上観測網データを用い、機械学習を駆使した時空間解析アルゴリズムの開発を行っています。

・海洋上の船舶航行状況を監視するため、人工衛星から海上の通信波を傍受・解析するための技術をJAXAと共同で進めています。これには極めて高度なブラインド信号処理・データ解析技術が必要であり、機械学習を用いたブレイクスルーが期待されています。

・レーダー逆問題を解くためにはアンテナの放射・感度特性を環境要因を含め極めて正確に知る必要がありますが、大型のアンテナ（アレイ）を測定することは容易ではありません。そこでドローンを用いて近傍電磁界を計測し、遠方界を推定する技術の研究を行っています。

Application Code: CCE-11

Atmospheric Observations Group, Radio Atmospheric Sciences Division
(Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH))

http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/labs/hashiguchi_lab/en/

Laboratory Members

Teaching Staff	Professor HASHIGUCHI Hiroyuki, Associate Professor NISHIMURA Koji, Associate Professor YABUKI Masanori
Students	D3 (2), D2 (1), M2 (2), M1 (2), B4 (3)

Research Topics

Our laboratory is promoting researches and development of advanced measurement and analysis technologies for atmosphere mostly using electromagnetics, communication engineering, and techniques from data science. We also study on atmospheric science using variety of ground based and satellite observations. Our lab has plenty of cooperative works with foreign institutes and researchers, which enables students to raise international work experience and connection network.

1. Atmospheric radar observation and analysis techniques

We work on various radar-related measurement problems for Earth's atmosphere employing mathematical modeling, and high-dimensionality data analysis/signal processing techniques. These are, for example, measurement of 3D vector wind field, 4D space-time spectrum of turbulence, spatial imaging of the ionosphere, and so on. In addition, we promote technical experiments and implementation works such as adaptive clutter (unwanted echoes) suppression, phase calibration system, etc.

We operate several radars and other complementary instruments worldwide to promote atmospheric science, in order to reveal the global circulation process, and mechanisms of severe weather. Also, we are promoting the Equatorial MU Radar Project to unveil the atmospheric phenomena in the equatorial region.

2. Lidar (laser radar) observation and analysis techniques

Lidar is an instrument that observes optical scatters from aerosol and various molecules and ions using a high power laser and telescopes, thereby capable of measuring temperature and humidity of the atmosphere. We study advanced laser and spectroscopy technologies to realize accurate and high resolution observations of these quantities. In addition to the technical research/development, we study atmospheric physics and/or chemistry from the troposphere through the mesosphere, and metropolitan area environment.

3. Various measurement techniques using drones and satellites

- Atmospheric turbulence is an important phenomenon which contributes to the vertical transport of heat and trace gases in the atmosphere. Since its spatial scale stretches to many orders of magnitude, it is difficult to remotely measure it solely with radar. We conduct an international project with the US and France teams, the Shigaraki UAV-Radar Experiment (ShUREX) campaign, which performs in-situ pressure measurements together with remote observations using the MU radar.

- Remote measurement/analysis technologies for satellite related observation and analysis are essential to understand the global circulation and solar-terrestrial physics. We study various measurement/analysis technologies employing recent data scientific techniques for satellite and ground-based observations for the troposphere (especially humidity) through mesosphere and ionosphere.

- Realtime and continuous surveillance of maritime environment is an urgent issue for marine resource control. In collaboration with JAXA, we are developing the technologies that enables us to observe the sea surface communications from satellites using machine learning.

- For solving radar inversion problems, it is crucial to know the radiation and reception pattern of the antenna (array) including its environmental factors. We are developing far-field estimation methods employing drone-based near-field electro-magnetic measurements.

情報通信基盤講座 スーパーコンピューティング分野

(学術情報メディアセンター コンピューティング研究部門 スーパーコンピューティング研究分野)

<https://hpc.media.kyoto-u.ac.jp/>**研究室構成**

教員名 岩下 武史 教授, 鈴木 謙吾 助教
学生人員 D(2名), M2(2名), M1(4名), B4(未定)

研究テーマ

コンピュータは現在、科学や工学だけでなく、あらゆる応用分野で利用され、社会において不可欠なものとなっています。このような背景の下、当研究室では、コンピュータの性能を社会における様々なアプリケーションで最大限に引き出す「高性能計算」に関する研究を行っています。高性能計算分野は、PC からスパコン、将来的には量子計算機に至る、様々な計算機をより効率的に利用するためのアルゴリズム、実装・プログラミング手法、ソフトウェア、システム構築論を研究する分野です。例えば、スパコンや大規模なデータセンターシステムを対象に、数百～数万のプロセッサコアを効果的に利用する並列アルゴリズムやプロセッサが有するキャッシュメモリを効果的に利用するための実装方式、あるいはこれらを支援する様々なツールやソフトウェアフレームワークの開発が研究テーマの一例です。また、AI 分野の主要プラットフォームとなっている GPU を他の応用分野、例えばものづくりに用いられる工学的なシミュレーションや計算科学において活用するためのアルゴリズムや実装方式の研究開発に取り組んでいます。開発したアルゴリズムやプログラムはライブラリの形で公開し、幅広く社会に役立てることを目指しています。また、積極的に応用分野の研究者との共同研究に取り組み、実アプリケーションプログラムの高性能化に貢献しています。

1. 高性能な線形ソルバに関する研究

線形ソルバ（連立一次方程式の求解法）は有限要素法等の離散化に基づく解析において用いられ、数多くの計算科学・計算工学のシミュレーションにおいて、解析のホットスポットとしてその高速化が常に求められています。当研究室では、現在、以下のような研究を実施しています。

(1) GPU 向け疎行列線形ソルバの開発

現在、AI・機械学習の標準的なプラットフォームとして GPU が用いられ、従来の CPU と比べて高い演算性能、省電力性能を有し、一般的なシミュレーションにおいてもその活用が期待されています。我々の研究グループでは、GPU を疎行列線形ソルバにおいて効果的に活用するために、高い並列性を有し、SIMD ベクトル化が可能となる新しい解法アルゴリズムの開発や実装方式を研究しています。また、現在の GPU が有する行列・行列積ユニットを効果的に活用する方法についても研究しています。

(2) 低精度演算・整数演算を利用した数値解析

現在の CPU や GPU では、倍精度浮動小数点数演算と比べ、より高い演算性能を持つ低精度演算や整数演算のユニットを持っていることがあります。これらの低精度演算や整数演算の計算機構を用いて、従来の倍精度浮動小数点数演算に基づく解析と同程度の精度を有する解析を行う方法について研究開発しています。例えば、疎行列線形ソルバの場合、反復改良の枠組みを利用して、解の精度のチェックのみに倍精度浮動小数点数演算を用い、解の更新過程には低精度演算や整数演算を用いることで、性能改善を図ることができます。

2. スパコンを活用するアプリケーションに関する研究

コンピュータの最高峰に位置するスパコンを活用したシミュレーションは最先端の計算科学や計算工学を牽引する原動力です。当研究室では、これまでの研究室の知見を生かし、電磁場解析や流体解析の高性能化に関する研究開発を行っています。これらは、国内外の大学・研究機関との共同研究として進められており、様々なバックグラウンドを持つ研究者とふれあう良い機会となっています。

Application Code: CCE-12

Supercomputing Group, Information and Communication Infrastructure Division
(Academic Center for Computing and Media Studies)<http://hpc.media.kyoto-u.ac.jp/>**Laboratory Members**

Teaching Staff	Professor IWASHITA Takeshi, Assistant Professor SUZUKI Kengo
Students	D(2), M2 (2), M1 (4), B3(2 or 3)

Research Topics

Computers are now indispensable not only in science and engineering but also in various application fields across society. Given this background, our laboratory conducts research on high-performance computing (HPC) to maximize computational performance for various applications. The field of high-performance computing focuses on optimizing the efficiency of computing systems, ranging from personal computers to supercomputers and, in the future, even quantum computers. Our research encompasses algorithms, implementation and programming techniques, software development, and system architecture design to enhance computational efficiency. For example, we explore parallel algorithms to efficiently utilize hundreds to tens of thousands of processor cores in supercomputers and large-scale data centers. We also investigate implementation methods for effectively leveraging processor cache memory, as well as the development of various tools and software frameworks that support these computations. Additionally, we are actively engaged in research on applying GPUs (graphics processing units), the key platform for AI, to other application areas such as engineering simulations and computational science. Our goal is to develop algorithms and implementation techniques that harness GPU performance for these fields. We also aim to release our developed algorithms and programs as libraries, making them widely accessible to society. Furthermore, we actively collaborate with researchers from various application fields to contribute to the performance enhancement of real-world application programs.

1. Research on High-Performance Linear Solvers

Linear solvers (methods for solving systems of linear equations) are fundamental in numerical analysis based on discretization techniques such as the finite element method (FEM). These solvers are a computational hotspot in many computational science and engineering simulations, where performance improvements are constantly demanded. Our laboratory is currently conducting the following research projects:

(1) Development of Sparse Matrix Linear Solvers for GPUs

GPUs are the standard platform for AI and machine learning, offering superior computational performance and energy efficiency compared to traditional CPUs. They are also expected to be widely used in conventional simulation fields. Our research group is developing new solution algorithms and implementation techniques for sparse matrix linear solvers that take full advantage of GPUs. These methods aim for high parallelism and SIMD vectorization to maximize GPU performance. Additionally, we are exploring ways to efficiently utilize matrix-matrix multiplication units in modern GPUs.

(2) Numerical Analysis Utilizing Low-Precision and Integer Arithmetic

Modern CPUs and GPUs often include high-performance units for low-precision arithmetic and integer arithmetic, which provide higher computational performance than traditional double-precision floating-point arithmetic. Our research investigates methods to perform numerical analysis with accuracy comparable to double-precision calculations while leveraging these low-precision and integer arithmetic units. For example, in sparse matrix linear solvers, we utilize an iterative refinement framework, where double-precision arithmetic is used only for accuracy verification, while low-precision and integer arithmetic are employed for updating the solution, leading to significant performance improvements.

2. Research on Supercomputer Applications

Simulations leveraging supercomputers are a driving force behind cutting-edge research in computational science and engineering. Our laboratory applies its expertise to the high-performance computation of electromagnetic field analysis and fluid analysis. These research projects are conducted in collaboration with universities and research institutions worldwide, providing valuable opportunities for interdisciplinary exchange with researchers from diverse backgrounds.

志望区分：通－13

情報通信基盤講座 高機能ネットワーク分野

(学術情報メディアセンター ネットワーク研究部門 高機能ネットワーク研究分野)

<https://www.net.ist.i.kyoto-u.ac.jp/>

研究室構成

教員 岡部 寿男 教授, 小谷 大祐 助教

学生 D3 (1名), D2 (1名), D1 (2名), M2 (4名), M1 (5名), B4 (未定)

研究テーマ

あらゆるものにコンピュータとネットワーク機能が組み込まれ、いつでもどこでもネットワークに接続されることで、サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合される未来社会 Society 5.0。その社会を支える基盤技術として、プログラマブルなネットワークやそれを活かしたプロトコルなどの次世代インターネット技術、設定自動化などの運用技術、認証連携など様々なサービスを支えるプラットフォーム技術、セキュリティに関する研究を行っています。学術情報メディアセンターのネットワーク研究部門として、学内外の運用ネットワークを活用した実証的研究を数多く行っています。

1. 持続的に発展可能なインターネットアーキテクチャ

インターネットが社会の基盤になりつつあり、継続的なトラフィックの増大だけではなく、クラウドの利用の進展やIoTの利活用、セキュリティ等の様々な要求にも迅速に対応できることが求められています。これに対応するには、ネットワークのアーキテクチャを継続的に進化させていくとともに、それらが実際のネットワークに迅速に反映できるよう、ネットワークアーキテクチャの変化を柔軟に受け入れられる基盤が必要です。本分野では、基盤となる技術としてSDN (Software Defined Networking)やP4等のネットワークに特化した高い処理性能を保ちつつプログラマブルなネットワークを実現する技術や、NFV (Network Functions Virtualization)やXDP (eXpress Data Path)等の汎用サーバの性能を最大限に引き出すことでソフトウェアによるスケーラブルなパケット処理を実現する技術、Edge Computingを用いたサービス提供のための技術等を研究しています。また、これらを活用した次世代のクラウドやキャンパスのネットワークのアーキテクチャの設計や実装に関する研究を行っています。さらに、インターネット技術をエネルギー管理へ応用し、オンデマンド型電力ネットワークを実現する技術も研究しています。

2. Zero Trust に向けたアクセス制御技術

今日の情報システムは、従来のPCやサーバだけでなくモバイル端末やIoT機器など多くの機器で構成され、またその上で価値の高いデータが扱われています。扱われるデータや機器(リソースという)には様々なセキュリティ(機密性、完全性、可用性等)上の要求があり、それらに従って適切にリソースに対してアクセス制御を施すことはリソースを適切に管理する上で重要です。アクセス制御は、主に、情報システムにアクセスする主体を判別する「認証」とその主体にアクセスを許可する「認可」、および認証や認可の方針を示す「ポリシー」からなります。本分野では、認証情報の流通を可能にするID連携技術やその応用としてのシングルサインオン、複数のサービス提供者が主体や主体が置かれた状況を信頼できる要素から検証しその結果を認証や認可に活用するZero Trustをプライバシーに考慮しつつ実現する技術、あらゆる場面でポリシーに基づくアクセス制御を行うポリシーの処理技術等を研究しています。また、必要最小限の情報を交換して信頼関係を構築し、相手に不正を働かせないことを保証するための、暗号や電子署名などに基づく安全なプロトコルの開発等も行なっています。

インターネットにおけるセキュリティ

インターネットでは日々膨大な数の攻撃がなされており、多くの組織はそれらの攻撃から情報システムを守るために日々戦っています。攻撃者は攻撃に成功する方法を1つでも見つけられれば目的を達成できますが、防御側はあらゆる攻撃に対応する必要があるため、攻撃側が優位になりがちです。本分野では、ダークネット(未使用のIPアドレス空間)やハニーポット(おとりサーバ)、一般的なWebサーバ等で観測された攻撃やサイバー脅威情報などを分析しその結果に基づき動的にセキュリティ対策を行う技術等を研究し、防御側が優位になるような世界を目指しています。

Application Code: CCE- 13

Multimedia and Secure Networking Group, Information and Communication Infrastructure Division

<https://www.net.ist.i.kyoto-u.ac.jp/en/>**Laboratory Members**

Teaching Staff

Professor OKABE Yasuo, Assistant Professor KOTANI Daisuke

Students

D3 (1), D2 (1), D1 (2), M2 (4), M1 (5), B4 (TBD)

Research Topics

Society 5.0 is a future society in which computers and network functions are built into everything, and cyberspace and physical space are highly integrated through anytime, anywhere connections to the network. As the platform for it, we conduct research into next-generation Internet technologies such as programmable networks and protocols that utilize them, operational technologies such as automated configuration, platform technologies that support various services such as authentication federation, and security. As the network research division of the Academic Center for Computing and Media Studies, we conduct a number of empirical studies using operational networks inside and outside the university.

1. Network Architecture for Sustainable Advancement of The Internet and Its Applications

The Internet has been an essential infrastructure for the world, and the Internet must handle various requests in a timely manner, such as significant increase in traffic volume, cloud computing, and security. To meet emerging requests, network architecture should be continually evolved, and underlay network infrastructures should be flexible enough to smoothly deploy new architecture. As the underlay infrastructures, we develop, apply, and deploy technologies to make networks programmable, such as Software Defined Networking (SDN) and P4 that achieve both flexibility and performance with networking-specific devices, Network Functions Virtualization (NFV) and eXpress Data Path (XDP) which bring out the original performance of commodity servers, and service provisioning in Edge Computing. As the architectures, we design and implement network architectures for next generation cloud data centers and campus. We also work for applying information communication technology to on-demand power networks for energy management.

2. Access Control for Zero Trust

Today's information systems consist of not only PC and servers but also other various devices such as mobile devices and IoT devices, and handle various and highly valuable data. Such devices and data (called resources) have various security requirements in terms confidentiality, integrity, and availability, access control is essential to properly process resources. Access control is mainly divided to: authentication that identifies entities to access the systems, authorization that allows or denies the entities to access the systems, and policy that describe who can access the systems. We work for Identity federation that federates entities' identity and authentication results to multiple parties, its application to single sign on, privacy preserved Zero Trust that authenticates and authorizes entities based on verified facts about the entities and their contexts with multiple parties, access policy technologies to apply access control in any situations. We also develop, apply, and deploy secure protocols using encryption, digital signature, and other technologies to guarantee mutual exchange of the minimum required information when communicating with unknown counterparties on the Internet so as to prevent the counterparty from using the information in an illicit manner.

3. Network Security

On the Internet, every user struggles to defend its systems from a tremendous number of attacks every day. Attackers tend to be an advantage because users are forced to tackle various types of attacks while attackers only need to find one method to intrude the system to make attacks success. We aim to change this situation to be a defender's advantage. We continuously collect attacks towards darknet (unused IP addresses), honeypots (servers that imitate legitimate services to collect attack activities), and normal servers, and develop technologies to analyze them with cyber threat information. We seek to use the results of the analysis for dynamically implementing security measures.