

【通信情報システム専攻】

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-2		コンピュータアーキテクチャ
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-5		伝送メディア
通-6		知的通信網
通-7	集積システム工学	情報回路方式
通-8		大規模集積回路
通-9		超高速信号処理
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

[Department of Communications and Computer Engineering]

Application Code	Division	Group
CCE- 1	Computer Engineering	Computer Algorithms
CCE- 2		Computer Architecture
CCE- 3		Computer Software
CCE- 4	Communications Systems Engineering	Digital Communications
CCE- 5		Integrated-Media Communications
CCE- 6		Intelligent Communication Networks
CCE- 7	Integrated Systems Engineering	Processor Architecture and Systems Synthesis
CCE- 8		Integrated Circuits Design Engineering
CCE- 9		Advanced Signal Processing
CCE- 10	Radio Atmospheric Science (collaborative division)	Remote Sensing Engineering
CCE- 11		Atmospheric Observations

通信情報システム専攻

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。

本専攻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、デジタル信号処理技術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、本専攻の特色として、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専攻の重要な柱の一つである。

Department 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 department 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 digital signal processing technologies. We also offer collaborative divisions that examine observation and information processing in the context of the global atmospheric environment. 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 department is the large number of older students returning to study after gaining experience in the business world. The department places great emphasis on careers in industry.

志望区分:通-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<http://www.lab2.kuis.kyoto-u.ac.jp/ja>**研究室構成**

教員 湊 真一 教授, 川原 純 准教授, ルガル フランソワ 特定准教授
学生 D1 (3名), M2 (1名), M1 (4名), B4 (5名)

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, 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. アルゴリズム設計と計算量理論

様々な種類のアルゴリズムの設計と計算量理論の研究に取り組んでいます. 例えば最近の主要な成果として, 行列乗算アルゴリズムの高速化が挙げられます. 行列乗算は非常に長い歴史がありますが, いくつかの大きな進歩が過去5年間に起こり, 理論的に高速なアルゴリズムが発見されています. 現在は本研究室メンバが世界記録を保持しています. その他にも, グラフアルゴリズム, 分散アルゴリズム, ストリーミングアルゴリズムなどにも興味を持っています. 計算量理論に関しては, 様々な計算問題について計算複雑度の大小関係を数学的に明らかにして分類すること, および, 種々の計算モデルの能力を解析することに取り組んでいます. この分野では, $P \neq NP$ 予想のような非常に手強い未解決問題が知られていますが, 適切な方法を用いて研究することで進展が見込まれる面白そうな問題も多数存在しています.

3. 量子計算アルゴリズム

量子計算は量子力学の法則に基づく新しい計算パラダイムです. 量子計算の有名な成功例として, 完璧に安全な暗号系 (量子鍵配送) の開発, および, 素因数分解や他の数論的計算問題に対する, 現在最速のアルゴリズムよりも高速な量子計算アルゴリズムの設計などが挙げられます. 我々の主な研究分野は, 量子計算機に対するアルゴリズムの研究と, 量子計算量理論 (量子計算機が伝統的な計算機より強力である理由の探究) です. 量子計算の研究は, 十分な意欲さえあれば, 量子力学や量子計算に馴染みがない学生でも取り組むことができます.

Application Code: CCE- 1

Computer Algorithms Group, Computer Engineering Division

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

Laboratory Members

Teaching Staff	Professor MINATO Shin-ichi, Associate Professor KAWAHARA Jun, Associate Professor LE GALL François
Students	D2 (3), M2 (1), M1 (4), B4 (5)

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, bioinformatics, web data analysis, geographical data processing, etc.

2. Algorithm Design and Complexity Theory

We are working on a wide variety of algorithms. One recent example is matrix multiplication algorithms. Matrix multiplication is a very fundamental task in mathematics and computer science, with a long history. Several breakthroughs happened during the past five years, which lead to the discovery of faster algorithms for this problem. Currently, members in our laboratory hold the world record of the fastest matrix multiplication algorithm! Other research subjects are algorithms for graph-theoretic problems, distributed algorithms, as well as streaming algorithms or property testers. We are also working on complexity theory, in order to classify many computational problems according to their difficulty by investigating the amount of resource needed to solve them, and analyze the computational power of many models of computation. While the field of complexity theory is well known for its intimidating open problems, like the celebrated P vs. NP problem, there do exist many accessible interesting questions just waiting to be tackled with the appropriate tools.

3. Quantum Computation

Quantum computation is a new computation paradigm based on the laws of quantum mechanics. Its most celebrated achievements include the design of fast algorithms for integer factoring and perfectly secure cryptosystems (quantum key distribution). Our main areas of research are quantum algorithms and quantum complexity theory, which seeks to understand how quantum computers are more powerful than traditional computers. Research on quantum computation is accessible to students who do not have any background in quantum mechanics or any prior exposure to quantum computation, but do have enough motivation.

志望区分:通-2

コンピュータ工学講座 コンピュータアーキテクチャ分野<http://www.lab3.kuis.kyoto-u.ac.jp>**研究室構成**

教員 高木直史教授、高瀬英希助教
学生 M2(4名)、M1(5名)、B4(6名)

研究テーマ

プロセッサ（コンピュータ）は、パソコンやワークステーションはもちろん、携帯端末や家電製品、自動車など、さまざまなものに組み込まれています。スマホやデジタルテレビの心臓部は、複数個のプロセッサやさまざまな専用回路などが集積された一つのLSI、いわゆる、システムLSIです。研究室では、集積システムに適した、新しい並列計算機構（アーキテクチャ）やハードウェアアルゴリズム、算術演算回路、システムとしてのLSIの設計技術、システムLSIや組み込みシステムのための基盤ソフトウェア技術などの研究を行っています。また、半導体回路では実現困難な超低消費電力、高性能計算を実現する超伝導コンピュータおよび超伝導回路の設計技術、設計支援技術の研究も行っています。

1. 算術演算回路の高性能化、高信頼化

集積システムにおいては、搭載する算術演算回路の性能がシステム全体の性能を左右します。集積システムの性能向上には、ハードウェアによって問題を効率よく解くための、優れたハードウェアアルゴリズムを設計することが重要です。また、最近の集積システムでは、宇宙線等の影響によるビット反転に起因するソフトウェアに対処できる高信頼な算術演算が求められています。これらの課題に対応するため、研究室では、さまざまな問題に対するハードウェアアルゴリズム、集積システムの高性能化を実現する新しい算術演算回路、および、テスト（故障検査）容易な算術演算回路や故障耐性をもつ算術演算回路に関する研究を行っています。これまでに、乗算、除算をはじめ初等関数のための高性能算術演算回路を開発してきており、そのいくつかは実際の製品に搭載されて実用されています。最近では、SIMD データパス上のFMA演算器をカップリングして構成した倍精度浮動小数点複素数乗算器、FPGAを用いた演算ユニットによる関数計算の効率化手法、等の研究を行っています。

2. 組み込みシステムの設計技術と最適化

携帯端末や家電製品などに組み込まれるプロセッサでは、要求される処理性能や与えられる資源が限られるという特徴があります。研究室では、組み込みシステムの高性能化、低消費電力化のための基盤ソフトウェア技術として、コンパイラやリアルタイムOSに関する研究を行っています。具体的には、求められる性能を保証しつつハードウェア資源を制御して消費エネルギーの削減を図るスケジューリング技術、高性能かつ省電力なメモリに頻繁に使用するデータを集中配置して消費エネルギー最適化と高性能化を実現する技術があります。また、集積システムの回路規模はますます増大しており、回路の設計支援、設計自動化技術の進展が望まれています。研究室では、信号処理等のソフトウェアのプログラムから、専用回路を自動合成する技術である高位合成の研究を行っています。さらに、プログラマブルSoCと呼ばれるプロセッサとFPGAを1チップに集積したデバイスに対応した、効率的なシステム設計環境の開発にも取り組んでいます。

3. 超伝導コンピュータ、超伝導回路設計技術

超伝導デジタル回路技術は、半導体CMOSデバイスとは異なる新しい回路技術です。半導体回路では実現困難な超低消費電力、高性能計算を実現する超伝導コンピュータの実現を目指して、超伝導コンピュータのアーキテクチャ、種々の超伝導論理回路の研究を行っています。超伝導単一磁束量子（SFQ）回路はパルス論理で動作するため、従来のレベル論理とは異なる回路構造が必要となります。これまでに、超伝導SFQ回路を用いた、ビットシリアル/ビットスライス方式に基づくマイクロプロセッサや演算回路を設計し、試作チップの動作実証を行ってきました。また、超伝導回路向けの設計手法の研究も行っています。超伝導回路特有の性質により、回路設計の多くの段階で専用の設計アルゴリズムやツールが必要になります。研究室では、論理設計、タイミング設計、配置配線設計手法を開発し、設計ツールの実現に取り組んでいます。

Application Code: CCE- 2

Computer Architecture Group, Computer Engineering Division

<http://www.lab3.kuis.kyoto-u.ac.jp>

Laboratory Members

Teaching Staff Professor TAKAGI Naofumi, Assistant Professor TAKASE Hideki

Students M2(4), M1(5), B4(6)

Research Topics

Processors (computers) are not only included in personal computers and workstations, but also embedded in personal digital assistants, home electronics, cars, etc. The core of a smart phone or digital television is an LSI on which several processor cores, various dedicated circuits, etc. are integrated, and what is called a system LSI. We investigate parallel computing architectures and hardware algorithms, arithmetic circuits, design methodology of integrated systems, system software for embedded systems, etc. We also investigate a superconducting computer which realizes ultra-low power and high performance computation that semiconductor computers are hard to achieve, as well as design methodology of superconducting digital circuits.

1. High-performance and dependable arithmetic circuits

In an integrated system, the performance of the employed arithmetic circuits may determine the performance of the whole system. In order to develop an outstanding integrated system, it is effective to design new suitable hardware algorithms (procedures) that efficiently solve the problems appearing often in processing by the system. Additionally, a dependable arithmetic circuit that can handle a soft error caused by influence of cosmic rays is desired in current integrated systems. Our research topics include new hardware algorithms for various problems, new arithmetic circuits for high-performance integrated systems, and, easily testable/dependable arithmetic circuits. We have developed high-performance arithmetic circuits for multiplication, division, and elementary functions. Several of them are now in practical use. Presently, we are investigating new architectures for various problems such as a double-precision floating-point complex multiplier by coupling two FMA units on SIMD data-path, and FPGA-based operation units to accelerate function computation.

2. Optimization techniques and system design methodology for embedded systems

In processors embedded in a personal digital assistant, home electronics, etc., the required processing performance is moderate and the resources given are restricted. We investigate system software, such as compiler and real-time OS for performance/energy optimization. One of the research topics is scheduling technique and memory allocation technique that manages hardware resources for energy optimization while ensuring system performance or reliability. Also, as the circuit scale of integrated systems increases, progress in computer-aided design and design automation technology is critical. We make research on high-level synthesis that creates hardware that implements the behavior described by a software program. We also investigate a system design methodology and its environment for programmable SoCs that is the integrated device with processors and FPGA.

3. Superconducting computer and design methodology of superconducting digital circuits

Superconducting digital circuit technology is one of the emerging technologies different from conventional semiconductor CMOS devices. We investigate architecture of a superconducting computer and various superconducting logic circuits aiming at development of a superconducting computer that realizes ultra-low power and high performance computation that semiconductor computers are hard to achieve. Superconducting single-flux-quantum (SFQ) circuits operate by pulse logic, which leads to different circuit structure compared to level logic. Recently we designed microprocessors and arithmetic logic units based on bit-serial/bit-slice architecture and demonstrated the functionality of the fabricated chip. We also make research on design methodology for superconducting digital circuits. Dedicated design algorithms and tools are needed in many stages in the design process, because of the unique nature of superconducting circuits. We have developed logic, timing, placement and routing design methods and implemented several design tools.

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
学生 D3 (2名), D2 (1名), M2 (9名), M1 (8名)

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)高階関数やオブジェクトで実装されているプログラムの正しさを、高階木文法(非終端記号が高階関数である文法)に対するモデル検査を応用して保証する**高階モデル検査**の手法、(2)**不変条件**と呼ばれる、プログラムを検証するために必要な性質を効率的に自動で見つける手法、(3)**ディープラーニング等を用いた定理の自動証明手法**、(4)無限小値を正しく扱うことのできる解析学を用いて連続的挙動を含むシステムにプログラム検証手法を応用する**無限小プログラミングを用いたハイブリッドシステム検証**などを研究しています。

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。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)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 UMATANI Seiji
Students	D3 (1), D2 (1), D1(1), M2 (4), M1 (7)

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) **higher-order model checking**, which is a method to verify higher-order and/or object-oriented programs based on model checking of higher-order recursion schemes; (2) **automated synthesis of an invariant**, which is a key property for verifying a program; (3) **automated theorem proving using deep learning**; and (4) **hybrid system verification based on infinitesimal programming**, which is application of program verification methodologies to hybrid systems (systems that consist of discrete and continuous behavior) using “infinitesimal values”.

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. In order 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) development of a **domain-specific language that prevents leakage of sensitive information and unauthorized resource access**; and (4) the theory of **typed lambda-calculi** to investigate the essence of logic and computation.

Collaborating with domestic and foreign researchers from both universities and industry, we believe we provide an

志望区分:通-4
通信システム工学講座 デジタル通信分野

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

研究室構成

教員名 原田 博司 教授、村田 英一 准教授、水谷 圭一 助教
学生人員 D3:1名、D2:1名、D1:1 名、M2:7 名、M1:8 名、B4:5 名

研究テーマ

1. 次世代移動ブロードバンド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以外の、VHF、UHF Low バンド、ミリ波、準ミリ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) マルチユーザ協力・共同ワイヤレスネットワークの研究

複数ユーザの携帯端末を連携させることにより周波数利用効率に優れた伝送が可能となる。マルチパスフェージングなどの伝搬環境と信号処理に着目してこのシステムの伝送特性に関する研究を行う。さらに、このシステムの伝送特性を装置試作と屋外伝送実験により解明する。

(c) ダイナミックスペクトラムアクセス(ホワイトスペース・コグニティブ無線)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。

2. スマート M2M(Machine-to-machine)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 Utility 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。研究成果は米国電気電子学会 (IEEE) およびWi-SUNアライアンス等で標準化を行っている。

Application Code: CCE- 4
Digital Communications Group,
Communications Systems Engineering Division

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

Laboratory Members

Teaching Staff Professor HARADA Hiroshi, Associate Professor MURATA Hidekazu,
Assistant Professor MIZUTANI Keiichi

Students D3(1), D2(1), D1(1), M2 (7), M1 (8), 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 3.9G/4G mobile communications “LTE” and “LTE-Advanced” to the 5G and the beyond mobile communication systems. In the beyond 5G (i.e., 6G), several spectrums such as VHF, UHF, microwave, sub-millimeter (mm)Wave, and mmWave band will be combinedly used, and several heterogeneous systems will be developed integratively. Our laboratory conducts fundamental researches of the beyond 5G with the following topics:

(a) Multi-band and broadband wireless communication systems

New transmission schemes, systems, and access protocols are studied for the wireless communication systems operating on VHF, UHF, microwave, sub-mmWave, and mmWave bands to achieve ultra-broadband communication systems with high frequency-utilization efficiency.

(b) Multi-user cooperative/collaborative wireless networks

Highly spectrum-efficient and reliable cooperative/collaborative wireless networks are studied by clarifying their performance by paying much attention to signal processing and propagation. We will implement a prototype of such a network, and will perform its field experiment outside the laboratory.

(c) Dynamic spectrum access/white space/cognitive wireless communication systems

The continued growth in demand for spectrum for wireless communications focuses attention on the potential of White Spaces (WS), particularly WS in TV band (TVWS). Generally, the UHF bands are licensed for TV broadcasting systems (the primary users), however, there are spatially or/and temporally unused spectrum resources called TVWS. To open the TVWS for the other wireless communication systems (the secondary users), many countries such as USA, UK, Singapore, Japan, etc. have been discussed on technical and regulatory issues. Our laboratory researches the enabling technologies on dynamic spectrum access/management, cognitive radio, and protocols to apply the WS solutions to the beyond 5G systems.

2. **Smart M2M (Machine-to-machine) communication systems**

To realize an intelligent society with disaster prevention/reducing, safety living, and effective use of energy and resources, the smart M2M (Machine-to-machine) systems have been developed as one of the target applications of the beyond 5G system. Our laboratory studies a physical layer (L1), MAC/datalink layer (L2), and upper layer technologies for the highly-efficient wireless smart utility networks (Wi-SUN) with ultra-low power consumption. We will implement a prototype and will conduct its field experiment on the real environment.

志望区分:通-5

通信システム講座 伝送メディア分野

<http://www.imc.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

研究室構成

教員名 守倉正博 教授, 山本高至 准教授, 西尾理志 助教
学生人員 D3(2名), D2(2名), M2(6名), M1(5名), B4(5名)

研究テーマ

1. ミリ波通信のための事前通信制御技術に関する研究

現在、多種多様な無線通信規格が普及している。例えばスマートフォンでは、3G/LTE、Wi-Fi、Bluetooth、NFC、赤外線などが利用可能である。将来的にはミリ波通信、可視光通信など性能、性質の異なる無線通信方式が開発され搭載されうる。これら無線通信方式はそれぞれ異なる特徴を持つ。LTEやWi-Fiは見通し外通信可能で、伝送速度もGbit/s級が利用可能となるが、普及に伴い、帯域が逼迫し、ユーザあたりのスループットは低い。一方、ミリ波通信は、非常に広い帯域が利用可能であり、ユーザも少ないため空いているが、端末との距離や障害物による見通し通信路遮蔽など端末を取り巻く通信環境に大きく影響を受ける。本研究では、カメラや距離センサなどを活用し通信環境の変化を事前に把握し、事前制御を行うことで、通信容量や通信の信頼性の向上を目指す。

2. 無線リソース制御のゲーム理論・確率幾何解析に関する研究

無線通信の特徴の一つは、その同報性である。一方で、単純に複数の通信を同時に行うと、干渉や衝突を始めとした相互作用が発生する。この解決策として排他的な通信を実現するための周波数割当・送信電力制御をはじめとする無線リソース制御があるが、現在のところ、これらは基本的に各無線局をそれぞれ個別に動作させることを前提として設計されている。加えて、これまでの形態のデータ通信でなく、スマートグリッド・エネルギーマネジメントに必要となるM2M(Machine-to-Machine)通信、制御通信や、同一周波数帯で同時に送受信を行うフルデュプレックス通信など、新たな形態の通信が必要となっている。これらの課題に対し、複数の送信アンテナ、無線アクセスポイント、無線通信事業者など様々な次元で連携させた送信や、制御通信におけるアクチュエータ、マイクロ波送電装置などとも連携を行うことで、孤立環境での通信性能の向上に加え、複数の通信が同時に行われる環境でも自局の通信品質を向上しうる。このような無線システム連携による通信品質の向上効果、ならびにどのような条件で自局の通信品質が特に向上するかを、ゲーム理論や確率幾何学をはじめとした数学的な知見を応用し明確にしていくとともに、無線リソース制御方式の検討を進める。

3. ホームエリアネットワークに関する研究

情報通信ネットワークをブロードバンド回線で実現する手段として光ファイバーが導入されており、近い将来先進国におけるほとんどの家庭に光ファイバーが接続される。今後はブロードバンド回線を家庭内のパソコン、プリンター、TVだけでなく家具や文房具といった様々なものに帰属するセンサ/アクチュエータ等の機器がインターネットに接続されることが必要となる。現在ではこのようなホームエリアネットワークを実現するため広帯域系用無線LANが、狭帯域系にセンサーネットワークが今後広く用いられつつある。本テーマでは同一帯域で複数無線システムの共存を可能とし、世代交代が激しい無線規格に対応可能な新しい無線通信方式の研究を行う。

Application Code: CCE- 5

Integrated-Media Communications Group, Communications Systems
Engineering Division

<http://www.imc.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

Laboratory Members

Teaching Staff	Professor MORIKURA Masahiro, Associate Professor YAMAMOTO Koji, Assistant Professor NISHIO Takayuki
Students	D3(2), D2(2), M2 (6), MI (5), B4 (5)

Research Topics

1. Proactive communication control for millimeter wave communications

Many kinds of wireless accesses are available today. For example, smart phones are equipped with Wi-Fi, Bluetooth, NFC and IR. Millimeter wave and visible light communications technologies will be available in near future. The characteristics of each wireless access are different. Wi-Fi and LTE can achieve the transmission rates of Gbit/s in non-line of sight environment, but since they are widely and often used, the throughputs available for each user is low. Millimeter wave communications enable users to obtain much higher throughput but users are unable to use these wireless accesses in non-line of sight environment. Objective of this research is to achieve higher capability through proactive control based on predictions of future radio environments.

2. Game-theoretic and stochastic geometry analysis of radio resource management

One of the main characteristics of wireless communications is the broadcast nature. On the other hand, simultaneous wireless communications cause mutual interactions among them as interference and collisions. To solve these problems, radio resource management, i.e., frequency channel allocation and transmit power control enables exclusive communications. Up to now, these controls are designed so that each station operates individually. In addition, machine-to-machine (M2M) communications for smart grids and energy management systems, and in-band full-duplex transceivers are required. Instead of the individual operation, by coordinating multiple transmit antennas, multiple access points, multiple operators, actuators in communications for control, and microwave power transmitter, communication quality would be enhanced not only in a single-isolated environment but also a heavy contention environment. We evaluate the impact of coordination on the performance of wireless systems, clarify the condition that coordination has an advantage over individual operation, and develop radio resource management schemes for coordination particularly by using game theory and stochastic geometry.

3. Wireless home area networks

Optical fiber access networks have been introduced to realize broadband information networks all over the world. In the near future, almost all households in the developed countries will be connected to the Internet via optical fiber networks. However, there are some problems in Home area networks (HANs) to connect not only a personal computer, a printer, and a TV set but also a sensor/actuator which is attached to any object such as furniture, stationary and so on, with the broadband information network. A wireless LAN and a wireless sensor network are the common and usual technologies to realize HANs. One of the major issues is the coexistence problem between wireless LANs and wireless sensor networks at the same radio frequency band. We try to solve this coexistence problem by using computer simulations. Furthermore, technological standards of wireless LANs and wireless sensor networks will be frequently revised to meet user's requirements. In this study, we try to realize a maintenance-free wireless system at homes, when a new electric appliance produced by new technology standards is used.

志望区分：通-6

通信システム工学講座 知的通信網分野

<http://icn.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

研究室構成

教員名 大木英司 教授, 新熊亮一 准教授, 佐藤丈博 助教
学生人員 D2(1名), D1(3名), M2(5名), M1(6名), B4(5名)

研究テーマ

IoT (Internet of Things)、ビッグデータ、AI (Artificial Intelligence, 人工知能) 時代において、高度なネットワーク技術の必要性はますます高まっています。当研究室は、データを収集する役割を担うスマートフォンやIoTデバイス(ドローンや、自動車、ウェアラブルデバイスも含む)、データを蓄積するデータセンター、そしてデータを計算処理し人々に価値をもたらすクラウドや様々なアプリケーションを相互接続するとともに、データが人々にもたらす恩恵を最大化できるような高速性、信頼性、柔軟性を兼ね備えたネットワークの研究開発を行っています。理論から実装まで幅広いアプローチで取り組みます。以下が代表的な研究テーマです。

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クのテーマに幅広く取り組む。特に、波長多重分割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変動に対しても対応可能なように、弾力的に波長スペクトル資源を活用する光ネットワーク技術の研究する。

2. ネットワークのソフトウェア化/仮想化:

SDN(Software-Defined Network)技術およびNFV(Network Function Virtualization)技術により、ネットワーク装置を汎用のハードウェア上に仮想的な機能として定義し、ユーザ毎にカスタマイズされたサービスを提供可能となる。このような仮想化技術の導入により、ネットワーク資源の効率的な利用を図る研究を行う。

3. IoTデバイス・スマートデバイスの異種混合ネットワーク:

各種センサーや、UAV(ドローン)、コネクテッドカーといったIoTデバイス・スマートデバイスの数は将来300億を超えると予想されており、それらの種類も多様化している。これらをネットワークにより相互接続し、収集したデータを予測や制御に用いるサービスが次々登場している。このような異種混合ネットワークにおいて多数かつ多様なデバイスを協調させる技術の研究する。

4. サービス指向のデータ流通:

利用可能な通信帯域や計算リソースは限られているため、有用なデータを優先してネットワークに流通させたい。データの有用性はそのデータが用いられるサービスに依存する。そこで、人間の脳科学モデルや機械学習の予測モデルに基づいてデータを評価し、より有用なデータを優先させる技術の研究する。

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 SHINKUMA Ryoichi, Assistant Professor SATO Takehiro
Students	D2 (1), D1 (3), M2 (5), M1 (6), B4 (5)

Research Topics

In the era of Internet of Things (IoT), big data, and artificial intelligent, evolution of information and communication networking technologies is required. Information and communication networks connect people and things, including smart phones that collect various data, IoT devices, data centers, clouds bringing values to people, and applications. They are expected to maximize the benefits to people. Our laboratory is working on the research and development of high-speed, reliable, and flexible networking technologies, with both theoretical and practical approaches, considering various aspects of social, information, devices, and energy.

1. Optical networking:

We study various aspects of optical networking technologies considering network design and control, systems, and devices. Especially, we research elastic optical networking, which can assign network resources including routing and spectrum allocation under unpredictable traffic demands.

2. Network softwarization/virtualization:

With software-defined network (SDN) and network function virtualization (NFV) technologies, network devices are defined as virtual functions working on general hardware devices, which has enabled us to provide customized services for each user flexibly and dynamically. Our laboratory works on the design for SDNs that can optimize the efficiency of network resource usage based on network traffic demands.

3. Heterogeneous network consisting of IoT and smart devices:

The number of IoT and smart devices including various sensors, UAVs (drones), and connected cars is expected to be more than 30 billion in the future. Types of such devices are also diversified. Services that interconnect devices by networks and utilize the collected data for prediction and control are emerging one after another. Our laboratory researches on the technology that coordinates a wide variety of devices in the heterogeneous network.

4. Service-oriented data distribution:

Since the communication bandwidth and computational resource available in the network are limited, valuable data should be distributed in the network with high priority. The value of data depends on the service which utilizes the data. Our laboratory works on the technology which evaluates the data based on human brain models and machine learning prediction models and prioritizes more useful data.

志望区分:通-7

集積システム工学講座 情報回路方式分野

<http://www.pass.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

研究室構成

教員名 佐藤高史 教授
学生人員 D2(1名), M2(5名), M1(4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・高可用性を保證する回路設計技術

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證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な手法、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が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

<http://pass.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

Laboratory Members

Teaching Staff Professor SATO Takashi
Students D2 (1), M2 (5), M1 (4), 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 and sensing systems. 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.

志望区分：通-8
集積システム工学講座 大規模集積回路分野

<http://www-lab13.kuee.kyoto-u.ac.jp>

研究室構成

教員名 小野寺秀俊 教授、塩見準 助教
学生人員 D1(1名), M2(7名), M1(5名), B4(4名)

研究テーマ

集積回路 (LSI) は電子機器の高機能化、高性能化、低消費エネルギー化、低価格化を担うキーデバイスです。マルチメディアやインターネットなどに代表される現代の高度情報化社会は、LSI を抜きにしては考えられません。LSI は人が何気なく身に付けている衣服や眼鏡あるいは腕時計のような日用品にも組み込まれ始めています。LSI により実現される機能やサービスが、社会、経済、文化、さらには人間の教育や生き方にまで大きな影響を与えるようになりました。当研究室では、半導体デバイスの潜在能力を限界まで引き出し、LSI の品質を最大に高める設計技術と制御技術の研究を行っています。高速情報通信インフラを支える高性能デバイス、スマートフォンやタブレット PC などバッテリー駆動の携帯機器に組み込まれる低消費電力マイクロプロセッサ、あるいは自動車や医療機器などに組み込まれる高信頼デバイスまで、あらゆる用途に対応する集積回路の研究を行っています。集積回路設計技術の研究は、LSI が人間の生活の質を左右する必需品となった今こそ重要な研究テーマなのです。当研究室では、LSI 設計に関するこれらの研究課題に対し、デジタル電子回路とともにアナログ/光集積回路も対象として幅広く取り組んでいます。

1. 高信頼 LSI 設計技術

微細化にともない信頼度が低下している LSI の高信頼化に向けた設計技術、ならびにその評価手法を研究しています。トランジスタ内で発生する故障の原因となる現象を精度良く計測しモデル化する技術や、部分回路の故障や劣化を自己診断し修復する技術を開発しています。

2. 省エネルギー設計技術

省エネルギーと高速動作を両立させる LSI の設計技術を研究しています。LSI のエネルギー効率を高める技術、および、製造過程や経年変化で劣化したトランジスタの特性を補償する設計技術と制御技術を開発しています。

3. 光・電気融合回路設計技術

光と電気の両方を使う集積回路のアーキテクチャと設計技術を研究しています。チップ内ネットワークやチップ間の短距離通信に適した効率の良い光電変換技術、および、光信号を用いて演算を行う光演算回路を開発しています。

4. グラフ処理専用アクセラレータ設計技術

3次元積層型メモリ技術を活用したグラフ処理専用アクセラレータの設計手法を開発しています。3次元積層型メモリの性能を限界まで引き出すグラフ処理専用プロセッサのアーキテクチャおよび電力・データ処理管理技術を開発しています。

当研究室では、LSIの設計から評価までを全てカバーできる体制を整えています。修士課程修了までの2年間に、LSIを設計・試作しその評価までを体験することが出来ます。設計・評価の結果は国際会議で積極的に発表しています。2018年度は国際・国内会議や論文誌で20件以上の発表を行ない、修士課程学生が論文賞を受賞するなど、修士課程から世界の舞台で活躍できる体制が整っています。修士課程のあいだから世界の舞台で活躍できる研究体制が整っています。さらに詳しい情報は、研究室のホームページを参照してください。見学も大歓迎です。

Application Code: CCE- 8
Integrated Circuits Design Engineering Group, Integrated Systems
Engineering Division
http://www-lab13.kuee.kyoto-u.ac.jp

Laboratory Members

Teaching Staff Professor ONODERA Hidetoshi, Assistant Professor SHIOMI Jun
Students D1(1),M2 (7), M1 (5), B4 (4)

Research Topics

Large Scale Integrated circuits (LSI) are key devices in creating highly functional, high-performance, energy-efficient, low-cost electronic systems. Today's highly information-oriented society, with its easy access to multimedia and the Internet, would not be realizable without the LSI. It is going to be more invisible in our daily lives as it is embedded into clothing or everyday items, such as eyeglasses or wristwatches. Accordingly, services and functionalities provided by the LSI are changing not only our society, economy, and culture, but also our lifestyles. Our challenge is to research and develop new design methodologies and control techniques for fully exploiting the potential of semiconductor devices to maximize the quality of LSI systems. The targets include high-performance LSIs used in high-speed Information Communication Technology (ICT) infrastructure, energy-efficient microprocessors embedded in battery-powered devices like a smartphone or tablet computers, and dependable LSIs embedded in mission critical systems such as control systems for motor vehicles, aviation and medical appliances. As LSI becomes more crucial in our everyday lives, the quality of LSI directly links to the quality of our lives. This laboratory investigates both digital electronic circuits and analog/optoelectronic circuits to address these challenges in LSI design.

1. Dependable LSI design technology

We accurately measure the effects of radiation strike, aging and process variation on the behavior of transistors that cause errors in the LSI circuits. We then characterize and model those effects. We also develop circuit structures and technologies that prevent the errors from propagating to the entire system.

2. Energy-efficient LSI design technology

We work on developing high-performance and low-energy System-on-Chips (SoCs) by developing design technologies for building blocks to improve energy-efficiency and performance simultaneously. We model manufacturing process variation, perform statistical analysis of circuit performance and develop design optimization technologies to compensate the variation for more energy-efficient operation of SoCs.

3. Optoelectronic integrated circuit design technology

We investigate architectures and design methodologies for optoelectronic integrated circuits towards developing ultra-high speed and highly energy-efficient communication and computing systems. Our research targets include not only optical network communication circuits such as optical-to-electrical converters but also optical data processing units such as an arithmetic operation unit and a binary decision diagram.

4. Graph processing accelerator design technology

We work on developing design methodologies for graph processing accelerators exploiting 3D integrated memories enabling high-speed data processing. We develop the architecture of the graph processing accelerator and power/memory-access management techniques in order to fully exploit the potential of the 3D integrated memories.

We are equipped with precision parameter analyzer, RF measurement system, and other evaluation equipment and are able to perform the entire process of LSI design and evaluation. During the two years leading to the completion of the master's program, students are able to experience LSI design, prototyping, evaluation and presenting the results at international conferences. In the last year, we have presented more than 20 papers at international/domestic conferences and journals, and we received several awards. For more detailed information, see the laboratory website.

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 PD(1名), D3(1名), M2(2名), M1(3名), B4(3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 PD(1), D3 (1), M2 (2), M1 (3), B4 (3)

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、矢吹正教助教

学生人員 D3(2名), D1(1名), M2(1名), M1(2名), B4(1名)

(2018年1月に発足したばかりの研究室のためまだ学生は少ないですが、セミナー・コンパなどリモートセンシング工学分野(山本研究室)と一緒に活動しています。)

研究テーマ

本研究室では、電磁波工学・通信情報科学および大気科学の最新知識を基礎に、電磁波（電波・光）や音波が大気中を伝播する際に起こる物理現象（散乱、屈折・遅延、放射等）を活用して、独創的な大気計測技術、データ処理方法の開発を行っています。さらに、国内外の研究拠点における地上観測および衛星観測を実施し大気現象の科学理解を進めています。得られる多種多様な大気環境データを効率的に収集・解析するシステムの研究に取り組んでいます。

1. 大気レーダー・ライダー観測技術の開発

電波・音波・光による地上リモートセンシング法を用いて精密計測する観測システムの構築を進めています。例えば、大出力の音波を上空に発射し、その伝播速度（音速）をレーダーで測定して、気温の高度変化を時間連続で測定する技術(RASS: Radio Acoustic Sounding System)を開発しています。この斬新な技術により、大気現象を支配する風速・気温・湿度を詳細に観測できます。また、レーザーレーダー（ライダー）を開発し、大気中の塵（エアロゾル）や水蒸気などの大気微量物質を高い時間分解能で計測します。各種計測装置を国内外で運用し、異常気象や、物質循環過程の解明に繋がる観測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レーダー計画を山本研と協力して推進しています。

2. 大気レーダーのためのアダプティブクラッター抑圧システムの開発

大気レーダー観測において、しばしば山や建物などの固定クラッターや航空機など移動物体からのサイドローブエコーが観測の障害になることがあります。MUレーダーにアンテナを付加し、アダプティブクラッター抑圧技術を開発しています。また、航空機からのADS-B(放送型自動従属監視)信号を受信し、航空機の正確な位置情報を利用して航空機エコーを抑圧する技術開発にも取り組んでいます。

3. MUレーダーと小型無人航空機(UAV)による大気乱流の同時観測

乱流混合は熱や物質の鉛直輸送に寄与する重要なプロセスですが、そのスケールが極めて小さいことから観測が難しい現象の一つです。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。

卒業生は、大気状態の先端計測技術、情報処理などの専門的技術・知識に習熟するとともに、地球環境問題に関する幅広い基礎知識を得て、**generalist**の視点を有した**specialist**として広い分野で活躍しています。また、欧米はもとより、アジア諸国との国際交流が盛んであることから、在学中から国際高度人材ネットワークに参画できます。

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; Assistant Professor YABUKI Masanori
Students D3 (2), D1(1), M2(1), M1 (2), B4 (1)

Research Topics

Our laboratory has been actively promoting the development of novel observation techniques for precisely monitoring the atmosphere by using the various physical processes of electric magnetic waves (radio and optical waves) in the atmosphere such as scattering, refraction, delay, and radiation, based on the knowledge and skills acquired in radio science, information system and atmospheric science. The group is also involved in the development of e-infrastructure system to collect and analyze various kinds of atmospheric data obtained with the ground- and space-borne observations.

1. Development of atmospheric radar and lidar technique

Our group has developed ground based radar and lidar systems to carry out measurements of atmospheric dynamics and atmospheric constituents such as water vapor with high spatial and temporal resolution. Our group has also developed a state-of-the-art remote-sensing system called as Radio Acoustic Sounding System (RASS) to measure continuous temperature profile. Lidar observations can measure the minor constituents such as aerosols and water vapor in the atmosphere. All of these instruments are involved in the field observations and obtained data is used for the observational study to elucidate the thermodynamics of severe weather phenomena and transportation process of minor constituents in the atmosphere. Moreover we are promoting the “Equatorial MU Radar” project to clarify the unknown atmospheric phenomena in the tropical region in cooperation with Yamamoto Lab.

2. Development of MU radar adaptive clutter suppression system

Strong clutter echoes from a hard target such as a mountain, building, or airplane sometimes cause problems of observations with atmospheric radars. We are developing the techniques to reject or suppress such ground clutter echoes using NC-DCMP (Norm Constrained- Directionally Constrained Minimum Power) method, which makes null toward the direction of the clutter. We develop the techniques to suppress airplane echoes using the airplane position received by ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast).

3. Simultaneous observations of atmospheric turbulence with UAV and the MU radar

Turbulence mixing is an important process that contributes to the vertical transport of heat and substance. The MU (Middle and Upper atmosphere) radar is the atmospheric radar located at Shigaraki, Koka, Shiga Prefecture, has the center frequency of 46.5 MHz, the antenna diameter of 103 m, and the peak output power of 1 MW. We aim to elucidate the atmospheric turbulence based on Japan-USA-France international collaborative research, ShUREX (Shigaraki, UAV-Radar Experiment) campaign using simultaneously small unmanned aerial vehicles (UAVs) and the MU radar.

Using the experimental techniques, the graduate student in this laboratory can gain broad background knowledge of atmospheric science as well as technological skills in Informatics. In addition to gaining invaluable laboratory experience, the students will have the opportunity to participate in the international exchange with countries such as Europe, the United States of America, and Asia.