

# Laboratory Guide 2021-2022

研究室紹介



国立大学法人

奈良先端科学技術大学院大学

NARA INSTITUTE of SCIENCE and TECHNOLOGY

# 目次

## 情報科学領域

研究室一覧	2
情報科学領域の概要	7
研究設備	43

## バイオサイエンス領域

研究室一覧	56
バイオサイエンス領域の概要	61
設備機器	89

## 物質創成科学領域

研究室一覧	96
物質創成科学領域の概要	99
設備機器	120

教員索引	126
------	-----

### <「研究室の概要」ページのマークについて>

情報理工	: 情報理工学プログラム
情報生命	: 情報生命科学プログラム
バイオ	: バイオサイエンスプログラム
バイオナノ	: バイオナノ理工学プログラム
物質理工	: 物質理工学プログラム
知能社会	: 知能社会創成科学プログラム
データ	: データサイエンスプログラム

研究室の概要のページのそれぞれの研究室名の上部についているマークは、研究室の配属が当該研究室になった場合に選択できる教育プログラムを示しています。

(例) 下記は「情報科学領域 コンピューティング・アーキテクチャ研究室」で選択できるプログラムです。

情報理工	情報生命	バイオ	バイオナノ	物質理工	知能社会	データ
<b>コンピューティング・アーキテクチャ研究室</b>						
<a href="http://arch.naist.jp/">http://arch.naist.jp/</a> <a href="https://www.facebook.com/NAIST.ARCH">https://www.facebook.com/NAIST.ARCH</a>						

※選択できる教育プログラムについては、現在予定しているもので、今後、変更になる場合があります。



# 情報科学領域



NASURA



# 研究室及び教育研究分野

## 情報科学領域

### コンピュータ科学 Computer Science

コンピュータ本体及び情報ネットワークに関する技術領域についての研究・教育を行っています。

	研究室及び教員	教育研究分野	頁
基 幹 研 究 室	<b>コンピューティング・アーキテクチャ</b>	Society5.0への実装に適した次世代超小型・超低電力・高性能計算基盤の研究開発を実施。特に、限界が見えてきたノイマン型コンピュータと、今後有望な各種非ノイマン型コンピュータの融合による、画像処理、科学技術計算、エッジAIコンピューティング基盤、ブロックチェーンアクセラレータについて、デバイス、ハードウェア、アーキテクチャ、ソフトウェアまでの幅広い先端基盤技術を追求する。 [キーワード] ポストシリコンデバイス、シストリックリングアレイ、ニアメモリコンピューティング、ニューロモフィックシステム、ストカスティックコンピューティング、高効率ブロックチェーン、高効率画像処理、システムアーキテクチャ、ハードウェア設計、高位合成、デジタル/アナログ回路、FPGA、VLSI、コンパイラ、ライブラリ、VBGMM、学習・識別アプリケーション	P.8
	教授 中島康彦 ☆教授 木村睦 准教授 張任遠 助教 Tran Thi Hong		
	<b>ディベンダブルシステム学</b>	誰もが信頼して利用できるディベンダブルなシステムのために、分散システム・アルゴリズムに関する理論的研究からVLSIのテスト・信頼性・安全性に関する実用的研究まで多角的にディベンダブルの研究・教育を行う。 [キーワード] アルゴリズム：分散アルゴリズム、共有メモリ分散システム、自己安定アルゴリズム、モバイルエージェント、センサネットワーク、アドホックネットワーク、P2Pネットワーク、ナノスケール分散システム、ブロックチェーン システム・VLSI：ニューロモフィックコンピュータ、メモリスタ、ハードウェアトロイ検出、VLSI高信頼設計、テスト容易化設計、テストスケジューリング、組込自己テスト、機械学習によるテスト最適化、パワー半導体、デバイスモデリング、太陽光発電効率最適化	P.9
	教授 井上美智子 准教授 大下福仁 助教 新谷道広		
	<b>ユビキタスコンピューティングシステム</b>	あらゆる場所に情報技術が溶け込んだユビキタスコンピューティング社会の実現を目標に、様々な要素技術に関する基礎研究から、それらを用いた実システムの構築に至るまで、理論と実践の両面から教育・研究を行う。 [キーワード] スマートホーム（生活行動認識・行動推薦）、情報家電連携システム、コンテキストウェアシステム、健康支援システム（e-health）、ユーザ参加型センシング、サイバーフィジカルシステム（CPS）、高度交通システム（ITS、カーシェア）、災害時通信システム（DTN）、社会情報システム（ソーシャルセンシング・ビッグデータ分析）、コンテキスト推定（位置推定・行動認識・心理状態推定）、スマートフォンセンシング、モノのセンサ化（IoT）、IoTシステム（センシング・アクチュエーション）、分散処理システム、エッジ・フォグコンピューティング、行動変容・ゲーミフィケーション・ナッジ、スマートオフィス（ストレスセンシング）、スマートスポーツ（種目認識・熟練度認識・コーチング）、画像認識・処理（物体認識、動画キュレーション）、機械学習・深層学習の応用	P.10
	教授 安本慶一 特任准教授 諏訪博彦 助教 藤本まなと 助教 松田裕貴 特任助教 中村優吾		
	<b>ソフトウェア工学</b>	ソフトウェアの開発・利用・管理・教育を支援する技術について、理論面での議論と共に技術の有用性を確かめる実証実験の両面から研究・教育を行う。 [キーワード] ソフトウェア品質評価、ソフトウェアリポジトリマイニング、協調ソフトウェア開発支援、ソフトウェア開発支援Webサービス、オープンソースソフトウェア工学、実験ソフトウェア工学、ソフトウェアエコシステムデザイン、ソフトウェア再利用・剽窃分析、ソフトウェア実行モニタリング・実行状況再現・障害分析、ソフトウェアからの設計情報の抽出・復元、生体情報を用いた開発活動解析、ソフトウェア可視化・実体化、ソースコード検証の自動化、ソフトウェア検索、ソフトウェア言語処理	P.11
	教授 松本健一 准教授 石尾隆 ☆准教授 畑秀明 助教 Kula Raula G.		
	<b>ソフトウェア設計学</b>	大規模で複雑なソフトウェア・インフラストラクチャやソフトウェア・インテンシブ・システム、クラウドシステムの設計・開発に必要なとされる基盤技術や、設計法・開発管理手法について研究・教育を行う。 [キーワード] ソフトウェア・プロセス、ソフトウェア解析、コードクローン、リファクタリング、クラウド基盤システム、仮想計算機、仮想ネットワーク、開発支援環境、プロジェクト管理、ソフトウェア開発の見える化、ソフトウェア・ユーザビリティ、ソフトウェア教育、超上流分析、ソフトウェアの安全性・信頼性保証（アシュアランス）、ソフトウェアリスク分析手法、オープンソースプロジェクトのソーシャルネットワーク解析、ハイパフォーマンス・コンピューティング	P.12
	教授 飯田元 ☆教授 宮下敬宏 准教授 市川昊平 ☆准教授 高井利憲 ☆准教授 田中康 助教 高橋慧智 特任助教 平尾俊貴		
<b>サイバーレジリエンス構成学</b>	サイバースペースおよびそれを構成するインターネットを高度化し、レジリエンスを向上させていくための実証的な技術開発と、社会に対する積極的な技術移転を目指す研究・教育を行う。 [キーワード] サイバーセキュリティ、サイバーレジリエンス、ネットワークセキュリティ、インシデントレスポンス、SDN/NFV、認証技術、オペレーティングシステム、通信プロトコル、仮想マシン、クラウドサービス構成技術、クラウドセキュリティ、ネットワーク模擬実験技術、オーバレイネットワーク、モバイルネットワーク、センサネットワーク、IoTセキュリティ、位置情報サービス、Delay-/Disruption-Tolerant Network、デバイス間通信、ドローン検知、災害情報システム	P.13	
教授 門林雄基 准教授 妙中雄三 ☆准教授 宮本大輔 ☆准教授 井上博之 助教 Fall Doudou 助教 Md. Delwar Hossain			

基 幹 研 究 室	情報セキュリティ工学	情報セキュリティ工学研究室では、情報セキュリティをシステムに実現する際、セキュリティアンカーとなるハードウェアの安全性確保及び、それを基礎として構成されるセキュアなシステムを構築・運用するための研究・教育を行う。 [キーワード] ハードウェアセキュリティの理論と応用、組み込みシステムのセキュリティ設計・評価技術、サイドチャネル解析、故障利用解析、電磁波セキュリティ、テンペスト、ハードウェアトロージャン、意図的電磁妨害 (IEMI)、計測・センサーセキュリティ、サイバーフィジカルシステム、脅威可視化、脅威シナリオ検討、大規模電磁界計算、ハードウェアの信頼性保証、暗号アルゴリズム、乱数生成、秘密鍵共有、電磁界計測、電磁環境、機構デバイス	P.14
	(協力)情報基盤システム学	インフラストラクチャとしてのインターネットを支える基盤技術や運用技術からインターネットを利用したさまざまなサービス技術といった情報基盤に関連する研究・教育を行う。 [キーワード] コンピュータネットワーク運用管理、パーベイスブコンピューティング/ユビキタスコンピューティング (環境センシング、モビリティセンシング、大規模センサデータ解析)、位置情報サービス (屋内測位、屋内ビッグデータ解析、ナビゲーションシステム)、P2Pネットワーク、クラウドコンピューティング、仮想化技術、ネットワーク/IoTセキュリティ、マルウェア解析、暗号実装、超臨場感空間IP伝送、超高精細4K/8K映像ストリーミング技術、電子図書館システム技術、分散オンラインストレージ、ネットワーク設定自動化、災害時ネットワーク (衛星ネットワーク、メッセージフェリー)	P.15

注) ☆印:客員

## メディア情報学 Media Informatics

コンピュータと人間のインタラクション及びメディアに関する技術領域についての研究・教育を行っています。

	研究室及び教員	教育研究分野	頁
基 幹 研 究 室	自然言語処理学	計算機に言語を理解および生成させる自然言語処理を通して、人間がどのように言語を理解し、知識を表現しているのかを解明する。 [キーワード] 言語解析、言語知識獲得、機械学習、テキストマイニング、言語の意味解析、言語資源データベース、リンク解析、探索、文書からの情報抽出/知識獲得、機械翻訳、言語学習・言語教育支援、多言語情報処理	P.16
	知能コミュニケーション	多言語音声通訳、機械翻訳、自然言語処理、対話システム、多言語音声処理、感情認識、情報蒸留、知識獲得、自閉症支援、認知症早期検出などの人間のコミュニケーション・知識を支援する技術の研究・教育を行う。データ駆動型サイエンス創造センターを統括。 [キーワード] リアルタイム同時音声翻訳、深層学習による機械翻訳、目的指向・チャット型知的対話制御、深層学習による音声認識・音声合成、感情やパラ言語情報認識のアフェクティブコンピューティング、情報蒸留、人流解析、脳計測によるコミュニケーション測定、認知症の対話システムによる早期検出、自閉症のソーシャルスキルトレーニングなど、人間の言語、非言語情報を中心とするコミュニケーションに関する研究	P.17
研 究 室	ソーシャル・コンピューティング	ウェブ工学、ソーシャルメディア解析を中心とした情報技術を用いたアプローチで、医療を始めとした実社会への応用を目指し、実用性の高い応用成果と科学指向の両面を併せ持つ新しいタイプの情報学の研究・教育を行う。 [キーワード] ソーシャルコンピューティング、ソーシャルメディア、ウェブサイエンス、ウェブ工学、自然言語処理、医療情報、医療言語処理、人工知能、機械学習、データベース	P.18
	ネットワークシステム学	センシング、ブロードバンドワイヤレス、ワイヤレス給電といったワイヤレスネットワークの基盤技術の実現と、これらの基礎となる信号処理理論や通信理論に関する研究・教育を行う。 [キーワード] 信号処理、変復調方式、無線通信、移動通信、デジタル放送、衛星通信、光ファイバ無線、ワイヤレス給電、高信頼制御通信、電力線通信、モバイルマルチメディア、多元接続技術、OFDM、センサネットワーク、無線LAN、MIMO、デジタル回路設計、ソフトウェア無線	P.19
研 究 室	インタラクティブメディア設計学	普段の生活の中で誰もがその恩恵に預かることができる未来のインタラクティブメディアのあり方を考え、それを実現するために必要となる、メディア処理、ヒューマンインタフェースに関する研究・教育を行う。 [キーワード] ヒューマンインタフェース、拡張現実感、三次元ユーザインタフェース、バーチャルリアリティ、画像計測、コンピュータビジョン、コンピュータグラフィックス、パターン認識、ヒューマンロボットインタラクション	P.20

基 幹 研 究 室	光メディアインタフェース	カメラでシーンの3次元形状や材質を推定するコンピュータビジョンと、本物と見分けのつかない視覚情報を作り出すコンピュータグラフィックスを土台として、光と画像を用いた人間と機械をつなぐインタフェース技術に関する研究・教育を行う。 [キーワード] コンピュータビジョン、コンピュータグラフィックス、コンピューターショナルフォトグラフィ、光学システム、パターン認識、深層学習、分光計測、画像処理、質感表現、デジタルファブリケーション、レンダリング、アニメ制作支援	P.21
	サイバネティクス・リアリティ工学	使うことで新たな能力を獲得し、より安全、安心、便利な生活が送れるような、人間に対するプラグイン、エクステンションモジュールとしての情報システムに関する研究・教育を行う。 [キーワード] 人間拡張、感覚再設計、ウェアラブルコンピューティング、拡張現実感、複合現実感、バーチャルリアリティ、コンピュータビジョン、コンテキストウェアネス、人間や環境の理解、ディスプレイデバイス、生体情報処理、障害者支援	P.22

注) ☆印:客員

## システム情報学 Applied Informatics

生命現象や生命機能などを解き明かすバイオ情報処理や環境共生に関するシステム解析などの技術領域に関する研究・教育を行っています。

	研究室及び教員	教育研究分野	頁
基 幹 研 究 室	ヒューマンロボティクス	感覚情報処理から運動制御までを人工的に構成するロボティクス技術、人間の感覚運動系などのシステム論的理解やモデリング、さらにこれらを融合したヒューマンマシンシステムの構成手法に関する研究・教育を行う。 [キーワード] ヒューマンロボティクス、人間機械システム、知能機械システム、ヒューマンモデリング、ヒューマンマシンインタフェース、マニピュレーション、ロボットビジョン、ヒューマンロボットコラボレーション、Shared control、ロボット制御、遠隔操作ロボット、身体性認知科学、乗物酔い	P.23
	教授 和田 隆 広 准教授 高松 淳 ☆准教授 Garcia Gustavo 助教授 佐藤 勇 起 助教授 趙 崇 貴		
	知能システム制御	コンピュータ制御やその知能化・システム最適化などの先端的な情報科学技術に対して、数理的な手法を駆使し、実験による検証やロボット・メカトロニクスへの応用などの研究・教育を行う。 [キーワード] システム制御、機械学習、強化学習、ロボット制御、ヒューマンロボットインタラクション、ロバスト・適応制御、最適化、ネットワーク科学、マルチエージェントシステム	P.24
	教授 杉本 謙 二 助教授 小林 泰 介 助教授 花田 研 太		
	大規模システム管理	不確実な社会に対するスマートな意思決定に向けた数理的な手法と情報処理技術を開発し、現実システムに応用する研究・教育を行う。 [キーワード] 数理アナリティクス、ネットワーク最適化(大規模コンテンツ配信、NFVネットワーク、数理計画法)、利己的最適制御(渋滞・混雑緩和、リソース・マネージメント、ゲーム理論)、災害情報システム(自動避難誘導、道路網リスク分析、人間行動知覚)、ブロックチェーン(スケーラブル技術、セキュリティ脆弱性分析、IoT応用)、意思決定(ゲーム理論、待ち行列理論、数理最適化)、クラウドコンピューティング(データセンタ)、物理層セキュリティに基づく安全なD2D通信、分散取捨台帳技術に基づくIoTアクセス制御	P.25
	教授 笠原 正 治 准教授 笹部 昌 弘 助教授 張 元 玉 助教授 原 崇 徳		
	数理情報学	数理モデルにもとづいた問題解決、特に機械学習アルゴリズムの開発と解析、脳神経活動や行動データなどの生体信号解析やモデル化による数理生命科学、ヒューマン・マシン・システムの工学応用に関する研究・教育を行う。 [キーワード] 数理情報学、機械学習、数理生命科学、時系列解析、インタラクション解析、計算神経科学、認知ロボティクス	P.26
	教授 池田 和 司 准教授 吉本 潤 一 郎 特任准教授 久保 孝 富 助教授 福嶋 誠 助教授 日永 田 智 絵		
	生体医用画像	「画像・人工知能」×「生体医療」の融合領域を開拓する。生体医用画像解析を中心として、人体や医療を情報科学のツールを用いて分析・モデル化し、さらに医療支援システムに応用する研究・教育を行う。 [キーワード] 医用画像解析、コンピュータ外科、仮想人体、計算解剖学、計算医学、手術データサイエンス、手術ナビゲーション、画像認識、深層学習、機械学習、統計モデル、MRI、ネットワーク医療、医療ビッグデータ、医療診断支援、患者固有シミュレーション	P.27
	教授 佐藤 嘉 伸 准教授 大竹 義 人 助教授 Mazen Soufi 特任助教授 上村 圭 亮		

基幹研究室	<b>計算システムズ生物学</b> 教授 金谷重彦 ☆教授 飯田秀博 准教授 Md. Altaf-Ul-Amin ☆准教授 小野直亮 助教授 佐藤哲大 特任助教 黄銘 特任助教 Md. Bozrul Karim	生命現象を情報科学により解明する。ナノからマクロに至る様々な生命機能に対する計測手法と、それによる生命機能解明のための情報処理技術に関する研究・教育を行う。 [キーワード] バイオデータベース、バイオネットワーク、バイオインフォマティクス、メタボロミクス、システムズバイオロジー、データサイエンス、バイオイメージング、インシリコバイオロジー、医療情報学、ヘルスインフォマティクス、生体医工学、医用画像工学、無拘束生体情報計測分析	P.28
	<b>(テニューア・トラック) ロボットラーニング</b> 特任准教授 松原崇充 特任助教 Brendan Michael 特任助教 鶴峯義久	人中心環境で活躍するロボットの高度な知覚・判断・行動機能の実現に向けて、機械学習とロボティクスの融合領域であるロボットラーニング技術とその実世界応用に関する研究・教育を行う。 [キーワード] 機械学習、強化学習、深層学習、深層強化学習、模倣(見まね)学習、人ロボット協調作業、人支援ロボット、ヒューマンロボットインターフェース、Human-in-the-loop	P.29

注) ☆印: 客員

## 教育連携研究室

	研究室及び教員	教育研究分野	頁
連 携 研 究 室	<b>コミュニケーション学</b> ☆教授 岩田具治 ☆准教授 田中佑典	インターネット上の大量のテキスト情報やSNS情報などとセンサーデータなどの実世界の情報とを結び付け、人間の社会的・経済的活動をモデル化、分析、予測し、コミュニケーションの本質に迫る研究・教育を行う。 [キーワード] 機械学習、データマイニング、トピックモデル、センサ情報処理 (連携機関名: 日本電信電話(株) NTTコミュニケーション科学基礎研究所)	P.30
	<b>計算神経科学</b> ☆教授 川鍋一見 ☆教授 田中沙織	脳機能の情報処理の観点からの解明と、それに基づく新たな人工知能の実現を目指し、ブレイン・デコーディング、ブレイン・マシン・インタフェース、ニューロフィードバック、ロボット学習などの方法論をもとに最新の機械学習手法を駆使した計算理論的神経科学の研究・教育を行う。 [キーワード] 計算神経科学、人工知能、脳活動計測、動的モデル、脳活動デコーディング、脳機能結合解析、ブレインマシンインタフェース、強化学習、ロボティクス (連携機関名: (株) 国際電気通信基礎技術研究所)	P.31
	<b>ヒューマンウェア工学</b> ☆教授 佐藤佳州 ☆准教授 岡田雅司	来るべき人工知能社会における人間中心の情報処理をめざすヒューマンウェアを、センシング技術で実現する研究・教育を行う。 [キーワード] ヒューマンウェア、ヒューマンセンシング、人工知能、ディープラーニング、生体信号解析、介護、見守り、スマートハウス、車載、セキュリティ (連携機関名: パナソニック(株))	P.32
	<b>シンビオティックシステム</b> ☆教授 石山壘 ☆准教授 宮野博義	人と機械(AI)の共生を実現するために、特にさまざまな人やモノが行き交う実世界を、カメラなどのセンサを用いてリアルタイム・緻密に認識・理解する技術について研究・教育を行う。 [キーワード] 画像認識、パターン認識、深層学習、高速ビジョン、物品認証、個体識別、トレーサビリティ (連携機関名: 日本電気(株) データサイエンス研究所)	P.33
	<b>次世代モバイル通信</b> ☆教授 奥村幸彦 ☆准教授 須山聡	超広帯域なマルチメディア情報が伝達できる次世代移動通信方式の無線回線設計、アンテナ・電波伝搬、無線回路、MIMO技術、移動無線アクセス、端末技術についての教育・研究を行う。 [キーワード] 移動通信、ブロードバンド、ダイバーシチ、適応アレー信号処理、アンテナ・電波伝搬、無線回路、回線設計、移動無線アクセス、可変ビットレート伝送、無線中継、MIMO (連携機関名: (株) NTTドコモ)	P.34
	<b>光センシング</b> ☆教授 諏訪正樹 ☆准教授 井尻善久	新しいイメージング技術の創出や、画像処理によるパターンや立体物の認識、あるいは人間の行動や動作の認識などを中心に、人間の視覚機能に迫るビジョンセンシングの研究・教育を行う。 [キーワード] ビジョンセンシング、画像意味理解、3次元画像計測・認識、Time of Flight Sensor、画像処理、FA画像処理、ひとの動作理解 (連携機関名: オムロン(株) 技術本部・知財本部)	P.35

連 携 研 究 室	<b>生体分子情報学</b> ☆教授 富井健太郎 ☆教授 福井一彦	生体分子の機能とそのメカニズムを探るための、バイオインフォマティクスの手法を用い、大規模計測データを活用したオミックス解析やドラッグリポジショニング、さらに実験的データにおける情報の欠損を補う分子シミュレーションなど、情報工学的な手法により生命科学における知識発見を目指す研究教育を行う。 [キーワード] バイオインフォマティクス、タンパク質、分子間相互作用、分子シミュレーション、単粒子解析 (連携機関名：国立研究開発法人 産業技術総合研究所)	P.36
	<b>デジタルヒューマン学</b> ☆教授 多田充徳 ☆教授 堂前幸康 ☆准教授 村井昭彦	ヒトの運動生成・制御の解明を目指し、形体や解剖学に基づいた標準・個人デジタルヒューマン生成のためのモデル化技術、ヒトの体性感覚情報推定・動作解析のための運動・動力学計算技術、及び運動計測からフィードバックを行うためのデバイス・システム開発技術について、研究・教育を行う。 [キーワード] デジタルヒューマンモデリング、コンピュータグラフィクス、運動・動力学計算、体性感覚情報推定、光学式モーションキャプチャ、視覚・触覚フィードバック (連携機関名：国立研究開発法人 産業技術総合研究所)	P.37
	<b>セキュアソフトウェアシステム</b> ☆教授 大岩寛 ☆准教授 Affeldt Reynald	IoT時代のインフラやシステムに要求される信頼性・安全性の高まりを踏まえ、ソフトウェアを含むIoTシステム全体の安全性の確保に必要な技術や、安全性を「目に見える」形で提示し説明できるようにする技術、またそれらをソフトウェアシステム開発に具体的に適用するために必要な手法を研究開発し、産業としての安全なソフトウェア構築手段の体系化を目指します。 [キーワード] セキュリティ、ディペンダビリティ、ソフトウェア解析、仕様記述、形式検証 (連携機関名：国立研究開発法人 産業技術総合研究所)	P.38
	<b>ネットワーク統合運用</b> ☆教授 小林和真 ☆准教授 河合栄治	未来のインターネットを実現するための、ネットワーク基盤・アーキテクチャ・サービス技術ならびにその検証・展開・普及に関する研究・教育を行う。 [キーワード] 通信インフラ技術(光、無線、アクセスなど)、大規模ネットワーク基盤技術、次世代インターネット技術、新技術の実展開に関わる統合、移行技術 (連携機関名：国立研究開発法人情報通信研究機構)	P.39
	<b>超高信頼ソフトウェアシステム検証学</b> ☆教授 片平真史 ☆教授 石濱直樹	極限環境で正しい動作が求められるソフトウェアの超高信頼性・安全性を実現するための方法論を教育・研究する。宇宙機ソフトウェア開発に成功し続けるための課題を、実際の開発データから得られる有用な知見に基づいて解決する。 [キーワード] 高信頼性・安全性検証/評価手法の開発・効率化(ロバスト性検証及び検証自動化、ソフトウェアシステム全体の欠陥モードの体系化及びそのシステムへの影響度評価手法)、実プロジェクト開発データに基づく解析/分析技術の研究開発 (連携機関名：国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)	P.40
	<b>データ駆動知識処理</b> ☆教授 鳥澤健太郎 ☆准教授 飯田龍	ビッグデータを対象とした知的で大規模な、さらには社会問題解決等、社会で役立つ自然言語処理システムの構築ならびにそのシステムで必要となる各種自然言語処理技術に関する研究・教育を行う。 [キーワード] ビッグデータを用いた情報抽出/知識獲得技術、質問応答技術、対話技術、その他新規言語処理技術の研究、およびそのための問題設計・データ構築方法論の研究・ビッグデータを対象とした言語解析、自動要約等の情報集約、推論、対話戦略策定等の深い言語理解に関する基盤技術、大規模自然言語処理システム開発に関する研究 (連携機関名：国立研究開発法人情報通信研究機構)	P.41
	<b>多言語ナレッジコンピューティング</b> ☆教授 湯上伸弘 ☆准教授 鄭育昌	自然言語処理の技術を用いて、企業や社会にある膨大な多言語テキストデータから有益な知識を抽出して構造化、構造化した知識を利用するAIの研究・教育を行う。 [キーワード] 自然言語処理、多言語情報処理、セマンティック処理、知識獲得、知識構造化、ナレッジグラフ、ナレッジプラットフォーム (連携機関名：(株)富士通研究所)	P.42

注) ☆印：客員



# 情報科学領域の概要



# コンピューティング・アーキテクチャ研究室

http://isw3.naist.jp/Contents/Research/cs-01-ja.html https://www.facebook.com/NAIST.ARCH



(写真左から)

教授：中島 康彦 nakashim@is.naist.jp

客員教授：木村 睦 kimura.mutsumi.ki1@is.naist.jp

准教授：張 任遠 rzhang@is.naist.jp

助教：Tran Thi Hong hong@is.naist.jp

## ハード・ソフトの両方がわかれば微細化限界を超えられる

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

世の中に存在する様々なコンピュータシステムの構成に関する好奇心。計算基盤がブラックボックスで良いとは思えない探究心。アルゴリズムを考えプログラムに表現できる実装力。

### 研究室の指導方針

まず、研究対象とするアプリケーションを選択し、次に、挑戦したい計算基盤をおおまかに選択します。その後は、文献調査に進み、既存プログラム、既存シミュレータ、様々な性能評価ツール、あるいは、デジタル回路設計ツール、アナログ回路設計ツール等を駆使して問題点を明らかにし、教員の助言を受けながら課題を設定し、解決していきます。自ら開発したプログラム、アーキテクチャ・シミュレータ、あるいは回路を定量的に評価し、対外発表を行って、最終的に論文にまとめます。

### この研究で身につく能力

すでに、多くの種類の非ノイマン型コンピュータが発表されています。これらを使いこなすには、従来型コンピュータ向けの汎用プログラミング言語の知識だけでは全く不十分で、計算基盤はブラックボックスで良いと考える研究者・技術者は、徐々に取り残されていきます。入手可能なハードウェアシステムと動かしたいアプリケーションを直結させる能力、機能が不足する場合にハードウェアシステムに対して具体的な提案ができる能力、さらには、ハードウェアに合わせて柔軟にアルゴリズムを調整できる能力が身につきます。

### 修了生の活躍の場

以前は所謂コンピュータメーカーに多く就職していましたが、今では、アプリケーション層に近い企業にも就職が広がっています。ハードウェアとソフトウェアの両方がわかる人材は、これまでも売り手市場でしたが、今後、この傾向がさらに顕著になっていくと予想しています。

### 研究内容

半導体の性能向上が行き詰った今、新しいアルゴリズムやソフトウェアを実装できるコンピュータシステムは2択です。何年たっても同じ性能の従来型コンピュータに安住するか、アルゴリズムを直接写像する非ノイマン型コンピュータに踏み出すか、選択肢はここにあります。コンピューティング・アーキテクチャ研究室では、主に小型高性能計算基盤に焦点を当て、5つの研究グループが活動しています。

★高性能デジタルアーキテクチャグループ：Googleなどアプリケーション層の企業が自前のアクセラレータを開発する時代が到来しています。しかし、ノイマン型コンピュータと全く異なるシステムは当初は使い難いため普及に時間がかかります。そこで非ノイマン型の中でも比較的移行しやすいシストリックリング型アクセラレータ (IMAX) の研究を進めています。GPGPUを凌駕し、LSIを単純に接続するだけでスケラブルに性能向上できるエッジコンピューティング基盤を開発し、様々なアプリケーションプログラムを走行させています。

★CMOSアナログ・アプロキシメイトアクセラレータグループ：従来のアナログコンピュータはオペアンプによる固定関数機能のみ利用可能でした。本グループでは、任意の多入力関数を実現可能な確率的コンピューティング機構の実現を目指しています。スパイクベース計算により、デジタル回路よりも格段に高速かつ小型の回路構成とすることができま。

★ニューロモーフィック・コンピューティンググループ：神経細胞の構造を模倣したニューロモーフィックLSIの開発が盛んになっています。本グループでは、ホップフィールドネットワーク+クロスポイントシナプス構造、および、セルラニューラルネットワーク+積層シナプス構造の2種類のLSIを研究開発しています。既に文字認識可能なレベルに達しています。最終的には、3D積層による超大規模化と脳型システムの構築が目標です。

★超小型低電力ブロックチェーンアクセラレータグループ：メモリ分散型シストリックアレイをベースとして、IoT向けブロックチェーンアクセラレータについて研究しています。最適なパラメータ、新しい演算アルゴリズム、回路アーキテクチャを探索し、超小型コンピュータと組み合わせて低電力高信頼IoTデバイスの実現に貢献します。

★AIアクセラレーショングループ：ベイズ推定法など、畳み込み演算主体のニューラルネットワークとは異なる機械学習アルゴリズムと高速実装技術を研究しています。GPGPU、FPGA高位合成、その他独自開発アクセラレータを計算基盤として用いています。



図1. 各種非ノイマン型計算基盤



図2. アナログ型ニューロモーフィックとストカスティック計算基盤



図3. ニューロモーフィックチップ



図4. ブロックチェーンアクセラレータ

### 研究設備

富士通製スパコン富岳エントリモデル、NVIDIA製V100\*4、RTX3090\*4、GTX1080Ti\*10、XEONサーバ、XEON/PHIサーバ、シミュレーションサーバ、XILINX製ALVEO U280、大規模FPGA群、ZYNQボード群、試作LSI試験装置など、多数の実験設備があります。回路評価には、VDECを利用した豊富なCADツール、先端プロセスのテクノロジライブラリが揃っています。現在、シストリックリングアクセラレータ、アナログアクセラレータ、ニューロモーフィックLSI、ブロックチェーンアクセラレータなどを開発しています。各自の机にはマルチモニタの高性能Linux-PCを設置しています。

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究業績：2006年研究室創設以降、研究室メンバの受賞25件、査読付論文・国際会議164件、特許21件、招待講演含む口頭発表173件

共同研究：海外企業・大学、国内企業・大学等

社会活動：国際会議・国内学会・研究会・各種委員会の委員長、幹事団、運営委員等

外部資金：2006年研究室創設以降、科研費基盤 (A) 2件、基盤 (B) 1件、若手 (B) 2件、挑萌芽 2件、NEDO 1件、JST 7件 (内ALCA 1件、さきがけ 3件)、STARC 3件、企業10件以上

## ディペンダブルシステム学研究室

http://dslab.naist.jp/ e-mail:dsl-contact@is.naist.jp



(写真左から)

教授：井上美智子 kounoe@is.naist.jp

准教授：大下 福仁 f-oosita@is.naist.jp

助教：新谷 道広 shintani@is.naist.jp

## アルゴリズムからハードウェアまであらゆるレベルのディペンダビリティ

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

研究に対する好奇心と熱意が必要です。

ソフトウェアでもハードウェアでもよいのでプログラミング言語を1つ習得している、または、数学が得意であると、研究をスムーズに始められます。

## 研究室の指導方針

各学生の希望、バックグラウンドに応じて研究テーマを設定し、必要な知識や技術の習得から始め、国際会議・国際ジャーナルで発表できる研究成果を目指します。論理的に物事を考えて科学的に検証できる能力、研究成果を他者に伝える能力を身につけられるように指導します。例えば、アルゴリズムに関する研究では、システムを数学モデルで表し、論理的に手法や限界を考えて、理論的解析またはシミュレーションにより評価します。また、ハードウェアに関する研究では、問題の本質を考えた解法を提案し、回路シミュレーションおよび実測から評価します。

## この研究で身につく能力

いずれの研究テーマを選択しても、論理的に考え解析する技術、プレゼンテーション能力、英会話、英語の技術文書を読む能力・書く能力が身につきます。また、研究テーマに応じた専門知識として、アルゴリズムを設計・解析する能力、プログラムの実装技術、分散処理・回路をシミュレーションで評価する技術、最先端の機械学習アルゴリズムを実装する技術、ハードウェア設計・解析技術が身につきます。

## 修了生の活躍の場

ブレインパッド、オムロン、クックパッド、サイボウズ、住友電工情報システム、ソニー LSIデザイン、ダイキン、大日本スクリーン製造、デンソー、野村総合研究所、VIC-Visible Information Center、富士通コンピュータテクノロジーズ、村田製作所、リコー、ローム、三菱電機、キオクシア、モトローラなど

## 研究内容

今日の情報社会は、アプリケーション、システム、コンピュータ、VLSIなど様々なレベルの高度な技術に支えられています。ディペンダブルシステム学研究室では、分散システム、マルチコアコンピュータ、VLSI、脳型コンピュータなど、あらゆるレベルでユーザが安心して使えるシステムのための研究を行います。

## ■分散アルゴリズム

分散アルゴリズムとは、自律動作する多数のプロセスを協調動作させるアルゴリズムです。インターネットのような大規模自律分散システムからナノスケールの素子を用いたナノスケール分散システムまで、さまざまなタイプの分散システムを効率よくディペンダブルに運用する分散アルゴリズムを開発しています。システムを稼働させながら自己修復する自己安定アルゴリズム、システム内を自律的に駆け回るモバイルエージェント、多数のロボットが協調する自律分散ロボット群、ビットコインなどで用いられる分散型台帳などの新しい分散システムも積極的に研究しています。とくに、自律分散ロボット群については、150台のKilobot、15台のKhepera IVを用いて、アルゴリズムの実証実験も行っています。

## ■ニューロモルフィック回路の高信頼化

これまでの集積回路の進展はCMOSTランジスタの微細化に支えられてきましたが、物理的な限界に達しつつありこれ以上の性能向上が困難になっています。この危機的な状況を打開すべく新たなコンピュータ基盤の開発が強く求められています。特に、人間の脳を模したニューロモルフィック回路は、これまでの計算の質を根本から変える回路アーキテクチャとして期待を集めています。ところが、ニューロモルフィック回路を構成する不揮発メモリ素子はシリコン材料に比べて長期使用を可能とする堅牢性と信頼性に課題があり、実用化に向けて多くの課題が残っています。そこで、本研究室では、ニューロモルフィック回路の高信頼化設計に関する研究を行っており、国内外の研究機関と協力し、実際のデバイス開発から学習アルゴリズム開発まであらゆるアプローチで取り組んでいます。

## ■ハードウェアのセキュリティ

VLSIサプライチェーンのアウトソーシング利用などで、ハードウェアであるVLSI回路にも不正が混入される危険があります。ハードウェアセキュリティを強化するため、偽造FPGA検出、ハードウェアトロイ検出、PUF(物理複製困難関数)の研究を行っています。

## ■パワー半導体モデル

SiCに代表されるワイドバンドギャップ半導体は、低環境負荷社会を実現するキーデバイスとして注目されています。これらのデバイスを応用した回路を、短時間で最適に設計するには、回路シミュレーションによる回路動作の検証が不可欠であり、とりわけ素子の振る舞いを正確に再現するデバイスモデルが重要です。本研究では、デバイス物理に則った高精度回路シミュレーションモデルの開発に取り組んでいます。



図1. 自律分散ロボット群

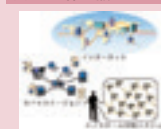


図2. さまざまな分散システム



図3. ニューロモルフィック回路高信頼化

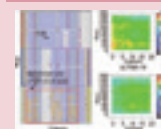


図4. ハードウェアセキュリティ (リサイクルFPGA検出)



図5. パワーデバイスモデリング

## 研究設備

計算機サーバ、DC電源、オシロスコープ、ロジックアナライザ、Altera、Xilinx社製FPGA多数。自律分散ロボット群 (Kilobot 150台、Khepera IV 15台)。

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

■研究業績：http://dslab.naist.jp/ja/publication.html

■企業との共同研究：日立製作所、ルネサスエレクトロニクス、産業総合研究所、ローム

■連携研究機関：Sorbonne University (France), UC San Diego (USA), UNLV (USA), Hanbat National University (Korea), UTM (Malaysia), 東京大、京都大、大阪大、広島大、九州大、九州工業大、名古屋工業大、首都大学東京、大分大、近畿大、法政大

■外部資金：JST SICORP、科研費(基盤C、若手B)、JST OPERA



# ユビキタスコンピューティングシステム研究室

http://ubi-lab.naist.jp/



(写真左から)

教授：安本 慶一 yasumoto@is.naist.jp

特任准教授：諏訪 博彦 h-suwa@is.naist.jp

助教：藤本 まなと manato@is.naist.jp

助教：松田 裕真 yukimat@is.naist.jp

特任助教：中村 優吾 y-nakamura@is.naist.jp

## スマートな未来社会を一緒に創造しましょう！

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

基本的には、最先端技術に対する知的好奇心が重要です。新しいデバイス、技術などを常にチェックしつつ、自分ならこうするといったアイデアを考える習慣をつけてほしいと考えています。学術的な知識としては、通信方式、機械学習(SVMなど)・深層学習(LSTMなど)、プログラミング(Pythonなど)、電子回路(Arduinoなど)がありますが、これらは入学後に学習可能です。

### 研究室の指導方針

研究テーマについては、学生自身のアイデアを核に、専門の異なる複数の教員が関わり、多角的な視点で、ディスカッションを重ねながら決めていきます。2年間しかない中で最大の成果を出すために、研究はハイペースで進め、積極的に対外発表していきます。同時に、企業との共同研究に関わってもらうことで、視野を広げつつ、コミュニケーションスキルも伸ばしていきます。国際的に活躍することを念頭に、輪講はすべて英語で実施し、博士課程進学希望者には短期で海外派遣を行なっています。

### この研究で身につく能力

ユビキタスコンピューティングを実現するための各種技術に関する基礎的な知識はもちろんのこと、それらの先端技術を複数組み合わせ、1つのシステムを具現化する能力が身につきます。具体的な基礎技術としては、センサを用いた計測手法、機械学習を用いたデータ分析手法、アプリケーションやサービスの開発手法などが挙げられます。企業との共同研究や社会実装を通じ、実社会での課題を把握することも可能です。また、学会や論文誌への投稿を経て、自身の考えを論理的に記述する能力およびプレゼンテーション能力も身につきます。大半の学生は在学中に国際会議発表を含め、何度か対外発表を行い、その中で何らかの賞を受賞する程度の業績を出しています。

### 修了生の活躍の場

一般企業から研究所まで幅広く活躍しています。

過去3年間の主な就職先は、SONY、Panasonic、三菱電機、HITACHI、SHARP、ヤフー、Rakuten、DeNA、CyberAgent、毎日放送、NTT西日本、KDDI、Accenture、DENSO、村田製作所、ミサワホームなどです。

### 研究内容

本研究室では、様々なセンサから取り込まれる実世界データを処理・集約・解析・フィードバックすることで、高度なサービスを効率良くユーザに提供するシステム～ユビキタスコンピューティングシステム～の実現に向けた、下記の研究に取り組んでいます。

#### 1) スマートホーム

スマートホームを活用し、家での生活をより豊かにする技術の開発を目指しています。

- ・生活行動認識・予測システム：家の中での住人の行動(TV視聴、料理、食事、掃除、入浴など)をセンサデータの分析により実時間で認識する研究を行っています。
- ・スマート家電：食品を入れると自動で種類・重量を認識し、庫内の食品およびその残量・消費期限を遠隔から容易に確認できるスマート冷蔵庫や、かざした方向にある家電を認識しシンプルなインターフェースで容易に家電操作を可能にするリモコンを開発しています。
- ・介護記録自動生成：要介護者の行動を認識・追跡し、介護記録を半自動生成するシステムを開発しています。

#### 2) スマートライフ

スマートフォンやウェアラブルセンサ、IoT化した様々なモノを用いて、人の身体と心の状態を推定します。

- ・身体状況の推定：ある経路を歩いたときの心拍数の変動を事前に予測する手法や、スマートフォンだけを用いて血糖値・空腹度の推移を推定する研究を行っています。
- ・オフィスワークの状況推定：同じ姿勢での長時間作業を防ぐため、加速度センサを複数埋め込み、座っている時の姿勢を正確に推定するセンシングウェアや、ワークのストレス状態を推定するセンシングシステムを開発しています。
- ・QoL簡易測定システム：生活の質(Quality of Life)の算出に必要な26項目の質問に、ウェアラブルセンサとスマートフォンから得られるデータを分析して自動的に回答する手法を開発しています。

#### 3) スマートシティ

スマートシティを実現するための様々な要素技術を実現することを目指しています。

- ・参加型センシング：広域のデータを一般ユーザの協力のもと収集するシステムの共通基盤や、観光情報の収集とキュレーションを行い観光客に提供するシステムを開発しています。
- ・行動変容システム：社会福祉の最大化に向けた人々の行動変容に向け、電気自動車3台から構成されるモビリティ社会システム実験装置を用いた様々な研究を行っています。
- ・情報通知：人に対する情報配信の適切なタイミング・内容に関する研究を行っています。
- ・ビッグデータからの知識抽出：暗黙知の形式知化を目指した、不動産データを対象に、ベテラン営業マンにしか決定できなかった適切な賃料の推定方式や、株価掲示板に投稿された大量のメッセージから、未来の株価の動きを予測する方式などについて研究しています。
- ・観光情報システム：観光動画の自動作成システム、観光客の嗜好や金銭・体力・満足度のトレードオフを考慮したナビゲーションシステム、観光客の感情認識、混雑度推定、など。

### 研究設備

スマートホーム環境(高精度位置測位システム、様々な環境センシングシステム)モビリティ社会システム実験環境(カーシェアリング実験用車両3台)システムのモデリング・シミュレーションツール(Scenargie)ウェアラブルセンサ(視線トラッキング、生体データセンシング)、HMD(HoloLens)、スマートフォン、情報家電、各種センサ

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究業績はホームページを御覧ください。多数の対外発表を行うとともに、多数の賞を受賞しています。共同研究は、毎年5社~10社程度と実施しており、研究成果の社会還元を念頭に研究を進めています。競争的資金は、科研費(基盤A、C、研究活動スタート支援)を始め、NICTのプロジェクト2件、JSTACT-I(加速フェーズ)、といった予算を獲得しています。また、科研費基盤SやJST CRESTにも参画し、他大学の研究者とも積極的に共同研究を実施しています。共同研究先企業：三菱電機、岡村製作所、ABC店舗、ヤフー研究所、NTT研究所、LIFULL、オンキヨー、KDDI総合研究所、など

# ソフトウェア工学研究室

<https://naist-se.github.io/>



(写真左から)

教授：松本 健一 matumoto@is.naist.jp

准教授：石尾 隆 ishio@is.naist.jp

客員准教授：畑 秀明 hata@is.naist.jp

助教：Kula Raula G. raula-k@is.naist.jp

## ソフトウェアは成長する、あなたとともに

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

研究内容がプログラミングと密接に関係するため、プログラミング経験があると研究をスムーズに進めることができます。また、ベクトルや集合、グラフといった数学の基礎的な概念を知っていると役立ちます。

### 研究室の指導方針

既存の理論・手法に学生の好奇心や柔軟な思考をうまく組み合わせることで、これまでになかったブレークスルーが実現すると考えています。研究テーマの設定においては、これまでの研究の取り組みや現在の課題を幅広く教員から提示したうえで、学生の希望や興味、アイデアをもとに相談して決定しています。

研究室として、学生が相互にコミュニケーションをとることを奨励しています。留学生まで含めると学生の出身は多岐にわたるので、日本語と英語を組み合わせ、自分の失敗を恐れず、相手に対しては寛容に、対話してもらいたいと考えています。

### この研究で身につく能力

ソフトウェア開発・利用に関する専門家として、複数の開発者が協力して活動するための方法論やツール、ソフトウェア品質の評価方法といった知識を身につけることができます。また、ソフトウェア開発に関する最新動向についての議論を通じて、多様な開発プロセスや開発環境、プログラミング言語それぞれの意義についての実践的な知識を得ることができます。

研究活動では、論文や技術文書に書かれた内容の細部を厳密に解釈し、自分の研究と関連付けて考えることによって、技術の特性や意義を適切に読み解く能力が身につきます。また、論文の執筆や研究発表を通して、聴衆に合わせて適切に、日本語と英語を用いて、技術を説明する能力を身につけることになります。

### 修了生の活躍の場

ソフトウェアベンダー、電機メーカー、製造業などで製品開発、研究、教育に携わっています。

### 研究内容

ソフトウェア工学研究室では、ソフトウェアが持つ脆弱性の克服とソフトウェア開発・利用における新たな基盤技術の確立をめざし、ソフトウェア製品・サービスの開発および利用に関わる理論、方法論、モデル、環境・ツール、ベンチマーキング、技術移転などの研究開発に取り組んでいます。研究対象は、ソースコードをはじめとするドキュメントだけでなく、テストやデバッグなどの作業、更には、ソフトウェアの開発や利用に携わる個人・コミュニティ間でのコミュニケーションに関するビッグデータです。データ解析には、機械学習、自然言語処理、ゲーム理論、社会学、神経科学といった多様な技術を用い、これまでになかった斬新な技術を実現しています。

#### ソフトウェア開発・利用活動の分析

ソフトウェアの基本部品となるソースコードを公開し共有することで信頼性を保つ「オープンソースソフトウェア」が、ソフトウェア開発・利用の大きな潮流となっています。このような状況を踏まえて、ソースコードの品質やソフトウェアエコシステムの持続可能性を左右する要因等を、オープンソースソフトウェアの膨大な開発データを用いて詳細に分析しています。また、競技プログラミングやレガシーソフトウェアなどより多様なソフトウェアも対象として、プログラミングの学習方法、特に、初心者と熟練者の差異の明確化、プログラム理解プロセスの解明等、人間に焦点を当てた研究にも取り組んでいます。

#### 分析に基づくソフトウェア開発・利用支援

ソフトウェアの開発・利用活動の分析結果にもとづいて、ソフトウェア開発者・利用者の役に立つ技術を実現します。たとえば、ソフトウェアやライブラリの最適な組み合わせの推薦、ソースコードに含まれる記述誤りや記述の暗黙ルールの自動検出・可視化、ソフトウェア性能(利用時の実行速度)の低下要因の顕在化等に取り組み、その有効性を確認する実証実験を行っています。

### 研究設備

ソフトウェア工学研究室は、オープンソースソフトウェアの生態系と呼ばれる活動状況を記録、分析するための計算サーバを保有し、研究に使用しています。また、ソフトウェア工学技術の実社会への応用として、遠隔授業システム「カメレオン」を、奈良先端大発ベンチャー企業である株式会社dToshと共同開発しています。これらのシステムに加えて、ソフトウェア工学に携わる実務家・研究者との国際的な対話のネットワークを構築し、研究活動の基盤としています。



### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

Yuki Ueda, Akinori Ihara, Takashi Ishio, Toshiki Hirao and Kenichi Matsumoto: How are IF-Conditional Statements Fixed through Peer Code Review? (コードレビューを通じてIF文はどのように修正されるか). IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E101-D, No.11, pp.2720-2729, Nov. 2018.

Raula Gaikovina Kula, Gregorio Robles: The Life and Death of Software Ecosystems (ソフトウェアエコシステムの生と死). Towards Engineering Free/Libre Open Source Software (FLOSS) Ecosystems for Impact and Sustainability, pp.97-105, July 2019.

Toshiki Hirao, Raula Gaikovina Kula, Akinori Ihara and Kenichi Matsumoto: Understanding Developer Commenting in Code Reviews (コードレビューにおける開発者コメントの分析). IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E102-D, No.12, pp.2423-2432, Dec. 2019.

Yusuf Sulisty Nugroho, Hideaki Hata, and Kenichi Matsumoto: How Different Are Different Diff Algorithms in Git? (Gitの異なるDiffアルゴリズム出力による影響の実証研究). Empirical Software Engineering, Vol.25, No.1, pp.790-823, Jan. 2020.

NTTデータ、富士通研究所、株式会社グブリー、株式会社スリーク、有人宇宙システム、NEC、SAPなど多くのソフトウェア企業と連携し、共同研究や実証実験、ツール開発を行っています。



# ソフトウェア設計学研究室

https://sdlab.naist.jp/ e-mail : sdlab-contact@is.naist.jp



(写真左から)

教授：飯田 元 iida@itc.naist.jp

客員教授：宮下 敬宏 miyasaki@atr.jp

准教授：市川 晃平 ichikawa@is.naist.jp

客員准教授：高井 利憲 takai@is.naist.jp

客員准教授：田中 康 yasushi-tanaka@is.naist.jp

助教：高橋 慧智 keichi@is.naist.jp

特任助教：平尾 俊貴 hirao.toshiki.ho7@is.naist.jp

## デザインセンスの工学的追求～システムの造りに意図を込め、システムの造りにその意図を汲む

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

ソフトウェア開発自体への強い興味が最も重要です。達人プログラマーである必要はありませんが、プログラミング能力はソフトウェアやシステムの開発を研究する上で大いなる武器でもあります。また、統計等の基礎的な数学の素養があれば分析の助けになります。

### 研究室の指導方針

本研究室では、学生の主体性を重視した指導体制を構築しています。学生各自が興味を持ち、自主的に進めることができる研究テーマを時間をかけて決めます。研究室内での論文輪講や研究発表は、研究テーマを決める上での助けになるとともに、論理的思考能力の向上につながります。国内外との共同研究も盛んで、必要であれば海外や国内研究機関との共同研究のための短期インターンシップを計画します。研究成果に関しては積極的な対外発表を推奨し、国内研究会、国際会議や論文誌等での成果発表を目指します。

### この研究で身につく能力

本研究室では、「優れた設計モデルが備える「センスの良さ」の本質を探求し、センスのよいモデル化能力を備えた人材を育成すること」を主要ミッションの一つと捉え、そのためのアプローチとして「デザインセンスの工学的追求」を目指しています。つまり、直感や経験則に依らず、優れた設計モデルの本質を工学的に説明可能とする能力を養います。モデル化技術のバックグラウンドには、形式言語理論やオートマトン、プロセス代数、グラフ理論など基礎分野が数多く関連し、これらの延長上にはUMLをはじめとする設計言語やデザインパターン、アーキテクチャなど、さらには近年ではクラウド基盤設計などの様々な応用技術が存在していますが、これらの分野についても日々、教育・研究を重ねていきます。

### 修了生の活躍の場

ソフトウェア開発（富士通、サイボウズ、Sony、NEC、日立製作所、東芝など）、情報通信（NTT、ドコモなど）、航空宇宙（IHI、有人宇宙システム）、コンサルタント（PwC、アクセンチュア）、Web系（ピクシブ）、大学・高専（金沢大学、同志社大学、豊田高専）、起業

### 研究内容

ソフトウェア設計学研究室では、ソフトウェアやクラウドコンピューティングシステムの開発・設計を支援する技術について研究を行っています。特に、ソフトウェアの開発工程、すなわちソフトウェアプロセスの分析や改善を主題に据えています。ソフトウェア技術は、家電製品や携帯電話などの各種組み込み機器の開発や、クラウドコンピューティングに代表される近年の社会基盤システム構築など、我々の生活に広く浸透しています。ソフトウェアプロセス技術は良質なソフトウェアを安定して生産し続けるための鍵であり、幅広い分野において欠かせないものとなってきています。

#### ●ソフトウェア設計・開発プロセスの分析と検証

近年、ソフトウェア開発は大規模・複雑化の一途をたどっており、巨大なシステムの開発には数千人もの開発者、数十もの開発会社に関わることもあります。本研究室では、このようなソフトウェア開発プロジェクトから生まれるソースコードや開発履歴、開発者間のやり取りなど開発プロセスに関する多様で大規模なデータを相手に、統計解析や機械学習、自然言語処理などの技術を活用し、分析を試みています。分析結果は開発プロセスの改善や、ソフトウェアの品質保証に役立っています。

#### ●クラウド基盤システムの設計・開発

近年のクラウドの飛躍的な普及の背景には、ソフトウェア技術により計算機資源を仮想化することで、計算機環境の構築・配備を動的かつ自動的に実行できるようになってきたことがあります。本研究室では計算機資源をソフトウェアでもって制御する技術の研究を進めています。特に、ネットワークのソフトウェア制御技術であるSoftware Defined Networking (SDN) 技術を中心に、クラウドゲーミング、ビッグデータ解析、機械学習、IoTなど、クラウドを支えるためのソフトウェア技術を広くかつ深く追求しています。

#### ●高性能計算ソフトウェアの設計・開発

PC上では不可能な規模の計算を実現する高性能計算機（スーパーコンピュータ）は、天気予報のように身近なところから、ビッグデータ解析や人工知能の研究開発に至るまで、幅広い領域において活用されています。本研究室では、数値計算、システムソフトウェア、ハードウェア等、異なる階層の計算機技術を垂直的に統合し、高性能計算機の性能を最大限に引き出すことができるアプリケーションおよびミドルウェアを設計・開発しています。



OSSのソーシャルネットワーク解析ツール



OpenFlowによる国際仮想ネットワークテストベッド

### 研究設備

実効容量90TBの超高速高信頼ネットワークストレージと、合計160コアを有するブレードサーバ群を仮想化プラットフォームにより統合したソフトウェア解析およびクラウドコンピューティング研究のためのプライベートクラウドシステム。共同研究の下、2020年2月現在、日本最速のスーパーコンピュータABC1および世界最速のスーパーコンピュータSummitを利用可能。

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- GEIOT（「モノのインターネット」分野でのグローバルアントレプレナー育成プログラム）
- crossXcross（クロス・バイ・クロス）（多面的クロスオーバー PBL型のアントレプレナー育成プログラム）
- enPIT2、enPIT-Pro（成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成）
- PRAGMA-ENT（大規模国際SDNテストベッドの構築）
- 産業技術総合研究所
- 宇宙航空研究開発機構（JAXA）
- 国立情報学研究所
- 大阪大学、University of California San Diego、Kasetsart University、Queen's University、University of Victoria、Oak Ridge National Laboratory 他との共同研究多数

# サイバーレジリエンス構成学研究室

https://iplab.naist.jp/



(写真左から)

教授：門林 雄基 youki-k@is.naist.jp

准教授：妙中 雄三 yuzo@is.naist.jp

客員准教授：宮本 大輔 daisu-mi@is.naist.jp

客員准教授：井上 博之

助教：Fall Doudou doudou-f@is.naist.jp

助教：Md. Delwar Hossain delwar-h@is.naist.jp

## サイバーレジリエンスの構成法を探求する

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

数学、英語、プログラミングスキル等の知識・能力は研究を進めていく上で有用であるのは間違い無いですが、最も必要なことは新しいチャレンジに対してやりきる力(レジリエンス力)が求められます。

### 研究室の指導方針

研究室では、国際社会で活躍できる研究者・技術者を育成することを目標としています。そのため、主体性を重視し、学生の自主的な提案や活動を支援します。また、国際色豊かなメンバーで構成されているため、英語による日常生活の意思疎通から議論までを行える環境に恵まれます。研究を進めていく上で必要な作法や技術は、個人の進捗状況に合わせて適宜指導します。月2回の全体ミーティングにおいて進捗発表を行うことで、多方面から自分の研究を分析・確認する機会があります。テーマや進捗等によっては、学外で(海外でも)学ぶ機会を得ることが出来ます。

### この研究で身につく能力

本研究室では、サイバースペースおよびそれを構成するインターネットを高度化し、レジリエンスを向上させていくための実証的な技術開発と、社会に対する積極的な技術移転を目指す研究・教育を行っています。そのため、インターネットの構成に関する知識・技術・運用能力をはじめ、レジリエンスを向上させていくための、幅広い知識(最新技術・社会動向等)、問題分析力、解決能力、実践力を身につけることができます。また、国際会議等での発表も推奨しているため、英語での論文執筆、発表、コミュニケーション力も養うことができます。

### 修了生の活躍の場

修士修了生はIT業界(セキュリティ、通信等)、博士修了生は大学、研究機関、世界的なIT企業等において第一線で活躍しています。

### 研究内容

近年、情報システム利用時の誤認、伝達ミス、判断ミスなど様々な誤りが実社会に甚大な影響を及ぼしています。これらの利用者のミスに加えて、製品・サービスの提供事業者による設定ミス、プログラムのバグ、通信プロトコルの設計ミスなど様々な誤りが情報システムの信頼性を損なう結果となっています。これまで情報科学では、ソフトウェアやプロトコルの検証など、設計・生産工程の一部における信頼性確保について数多くの取り組みが行われてきましたが、近年のソフトウェアの部品化、サービス化、インターフェースの標準化により情報システムの合成・構築の主導権が利用者に移りつつあります。このため、部品レベルの信頼性や安全性に注目したアプローチに加えて、実働システムにおける被害軽減技術や、利用者やサービス提供事業者のミスを考慮した安全運転支援技術が求められています。そのため、これらの需給ギャップを明らかにし、利用者やサービス提供事業者も含めたサイバーレジリエンス構成法に関する研究課題を解決する必要があります。

### キーワード

サイバーセキュリティ、サイバーレジリエンス、ネットワークセキュリティ、インシデントレスポンス、SDN/NFV、認証技術、オペレーティングシステム、通信プロトコル、仮想マシン、クラウドサービス構成技術、クラウドセキュリティ、ネットワーク模擬実験技術、オーバレイネットワーク、モバイルネットワーク、センサネットワーク、コグニティブ無線、IoTセキュリティ、位置情報サービス、Delay-/Disruption-Tolerant Network、デバイス間通信、ドローン検知、災害情報システム等

### 近年取り組んでいる研究課題例

- ・インシデントレスポンスに関する研究
- ・フィッシング対策に関する研究
- ・標的型メール対策に関する研究
- ・仮想マシンモニタによる異常検知システムに関する研究
- ・クラウドコンピューティングにおけるセキュリティリスクの定量化に関する研究
- ・IPv6ネットワーク評価用テストベッドに関する研究
- ・悪用された飛行UAVの探知技術に関する研究
- ・災害情報システムに関する研究 等



図1：利用者の視線を追跡し、フィッシング被害を抑止



図2：ドローンでスマートフォン(≒被災者)を捜索

### 研究設備

- ・インターネットエミュレーション設備
- ・モバイルインターネット実験設備
- ・ネットワークセキュリティ実験装置
- ・IoT (Internet of Things) デバイス
- ・UAV (Unmanned Aerial Vehicle) : ドローン
- ・Software Defined Radio等

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

本研究室は情報通信研究機構、情報処理推進機構、NEC、ブロードバンドセキュリティ、アラクサラネットワークス、シスコシステムズ、慶應義塾大学、東京大学、大阪大学、神戸大学、兵庫県立大学、高知工科大学、Telecom SudParis (フランス)、FORTH (ギリシャ) などと共に研究開発に取り組んでいます。また、WIDEプロジェクト、AIII、CKP、IETF等のネットワーク研究コンソーシアムに積極的に参加し、組織運営やネットワーク運用の主導的立場にもあります。数多くの産学官連携フォーラムを通じ、社会との豊富な接点を有しています。



# 情報セキュリティ工学研究室

http://www.iselab.jp/



(写真左から)

教授：林 優一 yu-ichi@is.naist.jp

助教：藤本 大介 fujimoto@is.naist.jp

助教：Kim Youngwoo youngwoo@is.naist.jp

## 社会基盤を支えるセキュリティ技術を開発しよう

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

研究室に入ってから必要となる知識は輪講などを通じて身に付けるので、研究を始めるのに必要となる具体的な知識や能力は特にありません。代わりに「○○なシステムのセキュリティを確保したい!」という強い思いとやる気のある学生さんは大歓迎です。

### 研究室の指導方針

学生のテーマ決めは学生と教員が適宜相談しながら行います。基本的には学生が希望する内容取り組める様にテーマを設定します。また、研究室では主にハードウェアセキュリティに関する研究を行います。研究室の教員が参画する実践セキュリティ人材育成コース(SecCap: <https://www.seccap.jp>)などを通じて、物理層からアプリケーション、法制度など幅広いセキュリティ知識を習得し、システム全体および利用形態を俯瞰することで、レイヤを縦断した最適なセキュリティ対策を実施できる人材を育成することを目指しています。

### この研究で身につく能力

プログラミング輪講、暗号アルゴリズムのハードウェア実装演習、サイドチャネル情報計測・解析演習などを研究室に入った学生全員に実施しており、こうした輪講・演習を通じて、ソフトウェア及びハードウェアのプログラミングスキルや実装を行うアルゴリズムに関する知識を身に付けることができます。さらに、ハードウェア計測及び計測情報を処理するために、さまざまな計測器の使用法とその原理及び計測信号を処理するための統計学に関する知識を身に付けることができます。

### 修了生の活躍の場

研究室で身に付けた実践的なセキュリティスキルを生かす場としては、通信インフラやセキュリティ関連企業、シンクタンクを含む情報通信業、電機メーカーや自動車メーカーなどを含む製造業に主に活躍の場があると思います。また、セキュリティの確保は多くの業種で求められていますので、上述の業種に限らず活躍の場があると思います。

## 研究内容

### 【研究概要】

情報セキュリティ工学研究室では、情報セキュリティをシステムに実現する際、セキュリティアンカーとなるハードウェアの安全性確保に関する研究に取り組んでいます。また、ハードウェアを基礎として構成される上位レイヤを含めたシステム全体のセキュリティを確保するための研究も行っています。

### 【研究内容】

- ・ 漏えい電磁情報によるセキュリティ低下に関する評価・対策技術に関する研究  
情報端末から生ずる電磁信号を通じた情報漏えいによるセキュリティ低下のリスク評価(図1)及び対策技術に関する研究(図2)を行っています。
- ・ 電磁的な外乱によるセキュリティ低下に関する評価・対策技術に関する研究  
ハードウェアへの電磁的な外乱によるセキュリティ低下のリスク評価及び対策技術に関する研究を行っています。
- ・ 内部回路の意図的な変更によるセキュリティ低下に対する評価・対策技術に関する研究  
情報機器の内部回路を意図的に変更することで実装されるマルウェアによるセキュリティ低下のリスク評価及び対策技術に関する研究を行っています。
- ・ 情報理論的に安全な秘密鍵共有の枠組みやプロトコルの開発  
RSA公開鍵暗号やAESブロック暗号のように計算の難しさに安全性の根拠を置こうとする暗号方式とは一線を画く研究ストリームである情報理論的に安全な暗号プロトコルの研究を行っています。
- ・ 大規模電磁界シミュレーションに関する研究  
漏えい及び妨害電磁波による情報セキュリティ低下のメカニズム解明及び機器の設計段階でのリスク評価を行うために必要となる大規模電磁界シミュレーションに関する研究を行っています(図3)。
- ・ 情報通信システムの信頼性に関する研究  
環境電磁工学(EMC)及び機構デバイス工学の観点から電磁信号の漏えいが少なく、電磁的な外乱にも耐性のある情報通信システムを構成する機器の設計手法に関する研究を行っています。



図1 モバイル端末に対する電磁波を介した情報漏えいのリスク評価



図2 漏えい電磁波を通じた情報漏えいの対策技術の開発

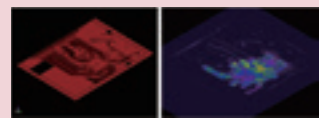


図3 大規模シミュレーションを用いた情報漏えい経路の可視化

## 研究設備

ハードウェアセキュリティ評価用プラットフォーム、オシロスコープ、スペクトラムアナライザ、任意及びパルス信号発生器、各種高周波プローブ、ソフトウェア無線、漏えい電磁界シミュレーションソフトウェアなどを用いてハードウェアセキュリティ評価・対策技術の研究開発を行っています。

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

### 【共同研究】

- ・ 国内共同研究先：東北大学、電気通信大学、神戸大学、横浜国立大学、産業技術総合研究所など
- ・ 国外共同研究先：KU Leuven(ベルギー)、Telecom ParisTech(フランス)、Missouri University of Science and Technology(アメリカ)など

### 【外部資金】

- ・ 文部科学省・卓越研究員事業
- ・ 戦略的研究推進事業CREST
- ・ 日本学術振興会・科学研究費助成事業：基盤研究(A)(代表)、基盤研究(B)(代表)、基盤研究(B)(分担)
- ・ NEDO・IoT推進のための横断技術開発プロジェクト
- ・ NEDO・戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)/重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保
- ・ セコム科学技術振興財団・一般研究助成

# (協力)情報基盤システム学研究室

http://inet-lab.naist.jp/ e-mail : inet-info@is.naist.jp



(写真左から)

教授：藤川 和利 fujikawa@itc.naist.jp  
 准教授：新井 イスマイル ismail@itc.naist.jp  
 客員准教授：榎原 茂 shigeru@is.naist.jp  
 客員准教授：油谷 暁 yuta@itc.naist.jp  
 助教：垣内 正年 masato@itc.naist.jp

## 実用性を重視した実環境を利用した研究を心がけています

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

情報通信に関する基礎知識、特にTCP/IPに関する知識  
 プログラミング能力

### 研究室の指導方針

入学後半年ぐらひは、研究のための基礎知識・スキルを身につけるために、研究室内プロジェクトを実施する。その後、研究室ミーティングでの議論により研究テーマを絞り込む。基本的には、学生が主体となって研究を遂行するが、定期的(週2回程度)な研究室ミーティングにおいて研究指導を行う。

### この研究で身につく能力

情報通信特にインターネット・セキュリティに関する先進技術の理解、通信データやセンサデータのビッグデータ解析能力、情報科学分野における技術に関する問題点を分析する能力、問題解決策を思考する能力ならびに創造する能力、問題解決策の有用性を主張するためのプレゼンテーション力ならびにコミュニケーション力、自主的な研究遂行による自己管理能力、研究遂行時に予想外の事態に対応する応用力

### 修了生の活躍の場

国内通信キャリア、国内電機メーカー、情報通信系研究機関

### 研究内容

情報基盤システム学研究室のスタッフは、全学に対する情報処理サービス提供機関である総合情報基盤センター (ITC)のスタッフとしての役割も兼ねており、その経験や知見を活かし最先端のネットワーク技術やコンピュータネットワークに関する研究を基盤技術・応用技術の両方の側面から行っています。また、本学附属図書館の電子図書館サービスの構築に携わり、新たなメディア管理技術に関する研究も行っています。

#### 1) パーベシブ/ユビキタスコンピューティング

実空間のあらゆるモノがネットワークに接続された環境(ユビキタス/IoT/M2M環境)において、人や街の状況を情報システムがセンサデータを解析して理解し、人々の利便性を高める機器の遠隔自動制御や、人々の意思決定を促すような効果的な情報提示について、研究開発を行なっています。

#### 2) データセンター/ネットワーク運用技術

クラウドコンピューティングの普及に伴い高性能化・高密度化が進むデータセンターの運用技術に取り組んでいます。特に、ネットワーク上でデータを保存・共有するオンラインストレージのデータ管理技術、クラウドサービス基盤の資源管理・運用支援技術、通信トラフィックの経路制御に関する研究を行っています。

- ・災害時に必要な通信の優先制御 (QoS) に関する研究
- ・平常時と災害時の通信確立の方法を切り替える等の技術開発
- ・空中浮遊型メッセージフェリーを用いた情報収集システム

#### 3) 災害時ネットワーク(衛星ネットワーク)

通信インフラが寸断されるなどの大規模災害時には、衛星通信システムの活用が極めて重要となります。低帯域・高遅延の衛星回線の限られたリソースを最大限有効活用する通信手法について研究開発を行なっています。発災初動時において現場スタッフは災害対応に専念する必要があり、平常時に使用する端末がそのまま使える環境提供のあり方についても議論しています。また、広域に通信インフラを即時に復旧することは困難なためオフラインの現場で情報を収集し、オンラインの避難所等にデータを届ける空中浮遊型メッセージフェリーの開発を行っています。

#### 4) セキュリティ

インターネットに接続された機器は常にマルウェアやDoS攻撃の脅威にさらされています。IoT / M2Mの普及により、従来のサーバやクライアントPCのみならず、自動車やロボット、センサーノード等、様々な機器の脆弱性の可能性やその対策が重要な課題となっています。

#### 5) 超臨場感空間IP伝送システム

超高速 IP ネットワーク を活用して、超高精細 4K/8K 映像、および、立体音響を伝送する手法を用い、実空間に匹敵する超臨場感空間を遠隔地に形成することを目標におき、映像/音声/IP ネットワークの研究を行っています。



### 研究設備

- ・次世代情報基盤研究システム
- ・並列処理実験・ビッグデータ解析用サーバクラスシステム
- ・小規模計算サーバ

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- ・WIDEプロジェクト、サイバー関西プロジェクト
- ・(独)情報通信研究機構
- ・NTT未来なっと研究所
- ・朝日放送(ABC)、スカパー JSAT、みなと観光バス
- ・東京大学、大阪大学、慶應義塾大学、京都産業大学、立命館大学、神奈川工科大学

# 自然言語処理学研究室

<https://nlp.naist.jp>



(写真左から)

教授：渡辺 太郎 taro@is.naist.jp

特任准教授：進藤 裕之 shindo@is.naist.jp

助教：大内 啓樹 hiroki.ouchi@is.naist.jp

## 人間の言葉、知識を構造化

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

人間が使っていることば(自然言語)を対象とした研究への熱意が重要です。そのために、数学やアルゴリズムに関する基礎知識、また、新しいことを常に学ぶ知的欲求が求められます。

### 研究室の指導方針

構文解析、意味解析、データマイニング、機械学習など自然言語処理の各分野に関する様々な勉強会が活動しており、学生はこれらの勉強会にて、研究進捗報告や論文紹介を定期的に行います。毎週全体の研究会を開催し、研究室全体に対する進捗報告も行います。研究テーマを決めた後、勉強会を主宰するスタッフに相談しながら、研究を進めます。研究室内で、専門書の輪読会や国際会議の論文紹介会を開催し、最新の知識や研究動向の把握にも努めています。このように、基礎分野および専門分野における活発な議論の場を設けることで幅広い知識の習得とともに、新しい研究の創出を目指します。

### この研究で身につく能力

自然言語処理、機械学習に関する幅広い知識、および自分の研究分野に関する最新の深い知識を得ることができます。また、研究室内外での議論、日本語、英語での論文執筆や国内会議、国際会議での発表を通じて、問題の提起、関連研究の調査、解決法の提案、実験結果の分析といった、研究をする能力を養います。

### 修了生の活躍の場

大手メーカーや様々なIT企業で活躍しています。この3、4年の博士前期課程の学生の就職先、内定先企業は：NTTドコモ、Yahoo!、シャープ、NEC、朝日新聞、ドワンゴ、富士ゼロックス、トヨタ自動車、日本IBM、PFN、ワークスアプリケーションズ、マイクロソフト、グーグル、理化学研究所、情報通信研究機構などです。

### 研究内容

計算機が言語を理解し言語を生成する、といった自然言語処理を通して、人間がどのように言語を理解し、知識を表現しているのかを解明することが研究テーマです。2020年4月より新しい指導教官となりました。以前の研究を継承しつつ、自然言語処理の基礎および応用分野、深層学習など機械学習の発展に貢献し、新しい研究を続ける予定です。

- ・自然言語を解析：自然言語の解析に必要な解析済みのデータ、辞書、文法などの基本的な言語データの構築を行っています。さらに、大規模テキストデータや多言語データを構築するためのツールの開発、および、検索・利用環境の構築を行っています。アノテーション付きの言語データを利用し、形態素解析、係り受け解析、チャンキング、述語項構造解析などの基礎的な言語解析へ機械学習を適用します。また、深層学習を適用し、単語や文をニューラルネットワークによりモデル化し、大規模テキストデータから学習することで、意味表現および意味構成性に関する研究も行っています。
- ・自然言語から知識獲得：科学技術論文や法律文など、専門分野の文書の言語解析に関する研究、および、知識獲得に関する研究を行っています。専門性の高い大規模な文書データのテキスト部および引用関係の解析と推論技術により、内容理解を伴った文書検索、文書要約、文書間関係解析技術とその実用環境を構築しています。いくつかの応用分野の研究者との協働による実証研究を通じて、大規模な文献データに隠れた科学的発見、重要文書検索、関連分野の研究動向調査など専門家への強力な支援のみならず、科学政策立案等の動向予測など政策立案者にも利用可能な統合的環境の構築を目標としています。
- ・自然言語を生成：深層学習による機械翻訳や要約、キャプション生成の研究を行っています。対訳データなどの学習データから文章生成に必要な構造を自動的に導出したり、様々な知識を統合することにより、高精度な文章生成の実現を目指しています。
- ・自然言語の教育・学習支援：日本語を母語としない日本語学習者や、英語を母語としない英語学習者を対象に、作文支援や自動誤り検出・訂正、読解支援などの研究を行っています。

### 研究設備

GPUマシンやマルチコアのクラスタマシンなど多数有しています。

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究業績については次のページを参照してください。  
<https://nlp.naist.jp/ja/publications>

外部資金は、科学技術研究費補助金若手研究Bを獲得するとともに、大型研究費として、JST-CRESTの「構造理解に基づく大規模文献情報からの知識発見」「社会脳科学と自然言語処理による社会的態度とストレスの予測」の主たる共同研究者、および、NEDO委託事業「材料データ構造化AIツール開発」の主たる共同研究者として活動しています。



# 知能コミュニケーション研究室

http://ahclab.naist.jp/



(写真左から)

教授：中村 哲 s-nakamura@is.naist.jp

准教授：須藤 克仁 sudoh@is.naist.jp

特任准教授：Sakriani Sakti ssakti@is.naist.jp

客員准教授：吉野 幸一郎 koichiro@is.naist.jp

助教：田中 宏季 hiroki-tan@is.naist.jp

助教：品川 政太郎 sei.shinagawa@is.naist.jp

## コミュニケーションを支援する多様な技術を実現する

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

特に、出身学部を制限することはありません。数学の基本、コンピュータプログラミングの経験があれば役立ちます。ただ、なにより、研究に対する非常に強い情熱と忍耐力が重要です。

### 研究室の指導方針

自立的に、新たな研究課題を発見し、問題の定式化、データ収集、解決のための方法論の構築、実験による有効性の検証、解析を行い、論文の執筆、国際会議での英語での発表、討論、そして、テーマによっては実際にプロトタイプ構築とその評価を目指します。好奇心を大切に、研究を楽しみ、新たなことに挑戦します。

### この研究で身につく能力

音声言語情報処理、自然言語処理、認知情報処理、人工知能に関する研究を体験し、研究力、それを推進する能力を身につけます。自ら、研究課題を発見し、先行研究を調査、解析し、新たな方法論を提案し、実験により有効性を発見、そして、国際会議、国際ジャーナルに投稿、プロトタイプを構築することを経験し、本当の研究力を養成します。また、企業へのインターン、あるいは、博士後期課程では海外のトップ研究機関への留学を行い、世界的に活躍する研究者を育成します。また、企業との共同研究を担当することで、社会で求められていることが何かについても学びます。

### 修了生の活躍の場

修了生は、東大を始めとする大学の教員、そして、NTT、NEC、富士通、Google、Facebookなどの研究所、研究開発部門、AI系のベンチャーなど広く活躍しています。

### 研究内容

本研究室では、言語、パラ言語、非言語情報に基づく人のコミュニケーションに関する疑問を解決する研究に挑戦します。深層学習をはじめとする様々な人工知能技術が進歩し、それらをさらに発展させることでこれまで解決できなかった課題を解決します。また、人間の認知機能に関する知見、さらには自ら脳計測を行って新たな知見を求め、それに基づく研究を推進します。特に研究においては、理論的な側面だけではなく、技術の実現性を重視し、プロトタイプシステムへの実装から評価まで行います。具体的な研究トピックは以下の通りです。

#### リアルタイム同時音声翻訳

ニュースや講演などの複雑な発話の人間の通訳者のような同時通訳、多言語多人数の参加する会議の通訳支援技術、マルチモーダルな通訳技術などの研究。

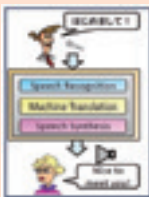


#### 自然言語処理

深層学習による機械翻訳や言葉による質問や命令をコンピュータが理解し、質問に答えたり命令に従ったりするような、人間とコンピュータ間の自然言語インタフェースの構築。

#### 言語・非言語コミュニケーション脳活動計測

脳計測によるコミュニケーション測定、認知症の対話システムによる早期検出、自閉症のソ-



シャルスキルトレーニングなど。

#### 情報蒸留

複雑かつ多様な情報源から必要な情報をまとめて活用したり、分かりやすく伝える技術の研究。

#### 目的指向・チャット型知的対話制御

利用者のモデリングや、言語的特徴とイントネーション・感情などの情報、顔画像などの情報を利用しながら支援するマルチモーダルなコミュニケーション支援技術の研究および画像と言語を深層学習により統合し対話的に変換する研究。

#### 多言語音声処理

深層学習による音声認識・音声合成、感情やパラ言語情報認識のアプリケーションコンピューティング。

#### 人流解析

深層学習系列モデルによる大規模人流データの解析、人流クラスタリング、変化予測の研究。



NAISTでは、2017年4月から、情報、物質、バイオ研究分野を横断する、データ駆動型サイエンス創造センターを創設しました。このセンターは、人工知能技術を利用したデータに基づく新たなサイエンスの創造を目指し、2018年度からスタートしたデータサイエンス教育プログラムの企画、運営にも携わっています(詳細: [http://www-dsc.naist.jp/dsc\\_jp/](http://www-dsc.naist.jp/dsc_jp/))。また、当研究室は理化学研究所革新知能統合研究センターの観光情報解析チーム(チームリーダー:中村)として、センシング情報をリアルタイムに言語化する研究を進めています。https://www.riken.jp/research/labs/aip/goalorient\_tech/tourism\_inf\_anl/index.html

### 研究設備

- ・深層学習向けGPUサーバーシステム(深層学習用に18ノード、NVIDIA GeForce TITAN・NVIDIA GeForce GTX1080Ti 62 GPUを完備)
- ・ビッグデータ処理システム(7ノード、1.6TB×メモリ、100TBディスクアレイ、深層学習用にNVIDIA Tesla 4 GPUを完備)
- ・知能コミュニケーション研究用生体計測装置
- ・マルチモーダルコミュニケーションロボット

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

#### 【研究業績】

<https://ahcweb01.naist.jp/category/publication/>

#### 【共同研究】

民間企業5社と共同研究を実施中

#### 【外部資金】

■科研費基盤研究(S)「次世代音声翻訳の研究」(平成29年度～33年度)  
(代表:中村哲)

■さきがけ「次世代言語生成のための生成文評価基盤」(代表:須藤克仁)

■CREST「仮想エージェントによる個人適応された情動社会スキルの訓練」(令和元年～6年度)(代表:中村哲)



# ソーシャル・コンピューティング研究室

<http://sociocom.naist.jp/>



(写真左から)

教授：荒牧 英治 aramaki@is.naist.jp

准教授：若宮 翔子 wakamiya@is.naist.jp

助教：矢田 竣太郎 s-yada@is.naist.jp

特任助教：劉 康明 liew.kongmeng@is.naist.jp

## 新しい学問に新しい方法で挑む

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

熱意ある大学院生(博士前期課程・博士後期課程・社会人含む)を募集しています。情報科学を学ばれてきた方はもちろん、その他のバックグラウンド(医療/生物学/工学/言語学/図書館情報学/心理学など)をお持ちの方も広く歓迎いたします。

### 研究室の指導方針

ソーシャル・コンピューティング研究室のテーマは、人間の言語理解の解明を目指した基礎的研究から、より応用に近い研究まで多岐にわたっており、私たちの研究の方向性と各学生の興味との接点から研究を始めたいと思っています。研究には新しいことが分かったという満足感/達成感、また、それを共有する仲間/組織も重要だと思います。一緒に研究の面白さを楽しめるようなグループ作りを進めていきたいと考えております。

### この研究で身につく能力

自然言語処理、データベース、人工知能、医療情報に関する研究を実践し、国内学会にとどまらず、国際ジャーナルやトップカンファレンスに論文投稿することで、研究立案、論文執筆からプレゼンテーションまでの研究の一連の流れを経験できます。

また、ヤフー株式会社やNTTといった本邦を代表するIT企業や、大学附属病院やがんセンターといった医療施設との共同研究も推進しており、実践的なビッグデータ解析方法、大規模なサービス構築の方法論を学び、社会の即戦力となるデータ分析能力を身につけることができます。

### 修了生の活躍の場

これまで、博士前期課程を修了した学生のうち半数以上が博士後期課程へ進学し、研究室内外の研究者と交流しながら、積極的に研究活動を継続し活躍しています。就職した学生は、IT系企業やメーカーで活躍しています。

### 研究内容

本研究室は、新しい情報学の先端研究を推進することを目的とし、2015年9月に設置されました。当研究室では、ソーシャル・コンピューティング、Web工学、人工知能、機械学習、自然言語処理といった情報技術を用いて、医療、社会分析など幅広い分野に社会実装を行っています。

研究グループは、Twitterやブログといったソーシャルメディア・データ分析研究を推進するデータグループと、医療や心理学への応用を中心とした医療応用研究を推進する医療グループの2つから構成されています。本研究室は、研究室の規模に比較して、多くの企業共同研究や公的プロジェクトを担っており、研究が社会還元されていく様子を体感できます。

また、いずれのグループでも、研究に必要なデータ構築や評価には、臨床心理士、医療事務経験者など4-6名のスタッフが常駐し、研究をサポートします。

#### データグループ:

Webデータは、情報科学の新しい材料です。Twitterやブログといったテキストデータ、検索クエリやWeb閲覧ログ、場合によっては動画データも扱い、感染症の流行把握、薬剤副作用情報の抽出、デマの把握、誹謗中傷や名誉毀損発言の検出、街の雰囲気情報の推定、言語教育支援システムの開発など様々な研究を行っています。新しいモデルの提案、データの可視化、システムの開発や評価などが主な研究内容になります。(研究例)

Webデータを用いたインフルエンザ流行の予測 (Yahoo! Japan共同研究)

Twitter上の疾病に関するデマの把握 (国立感染症研究所共同研究)

患者の移動経路の分析 (大阪国際がんセンター共同研究)

#### 医療グループ:

インタビュー、診療データや医学論文などを用いて、個人の医療・健康に関する情報を抽出する研究を行っています。また、本研究室は公的事業により多くの医療機関から電子カルテテキストの提供を受けており、迫力のある規模の解析が可能です。医療データ解析、心理測定法、ユーザインターフェース設計などが主な研究内容になります。(研究例)

電子カルテデータを用いた診断支援システムの構築 (東京大学共同研究)

音声発話から認知機能の低下を推定 (大阪国際がんセンター共同研究)

思春期児童の発達と環境の関係 (東京大学共同研究)



### 研究設備

計算機サーバ8台 (NVIDIA Quadroカードなど計12枚)

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究業績

<https://sociocom.naist.jp/publication/>

共同研究

富士ゼロックス、Yahoo! JAPAN研究所、NTT西日本、NEC、エスエス製薬など多数。

主な外部資金

基盤A、基盤B、AMED、厚生労働科学研究費補助金など多数。

# ネットワークシステム学研究室

http://infonet.naist.jp/



(写真左から)

教授：岡田 実 mokada@is.naist.jp

准教授：東野 武史 higa@is.naist.jp

助授：Duong Quang Thang thang@is.naist.jp

助教：陳 娜 chenna@is.naist.jp

ワイヤレスシステムに興味ある方はぜひ受験してください。

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

無線通信、電磁気学、回路、信号処理に関する基礎知識、MatlabまたはCのプログラミング能力があると研究が捗りますが、新入生は一からトレーニングしますので研究室配属時点で必須ではありません。

## 研究室の指導方針

机上の検討だけではなく、プログラムや実験系の試作などを通して、実践力を身につけることを目標としています。研究成果を国際会議や研究会などに積極的に外部発表することを奨励しています。週1,2回の研究室全体の報告会や輪講を行うことで専門的な議論をしたり、プレゼンテーション能力を養っています。研究成果を発表する際には、その研究会や学会投稿のための原稿の作成法についても指導を行います。また、企業や研究機関との共同研究や共同プロジェクトにも積極的に参加することで実践的な問題や課題に取り組み、即戦力となる研究開発力を身につけるための指導を行います。

## この研究で身につく能力

高周波技術やワイヤレス技術に関する専門的知識が得られるとともに、ワイヤレス関連の各種測定機器の操作手法、ワイヤレス通信システムを計算機に実装する際に必要となる周波数解析に関する知識を身につけることができます。ワイヤレスシステムの性能評価のためのシミュレーション技術の習得が可能です。

## 修了生の活躍の場

博士前期課程修了生は、主として、電機メーカー、電気通信事業者、放送局に就職しています。また、博士後期課程修了者は、上記に加えて大学教員として活躍しています。

## 研究内容

本研究室では、電波を使ったセンシング、ブロードバンドワイヤレス伝送、エネルギー伝送に関する研究を行っています。これらの技術は、将来のユビキタスネットワークを支える基盤技術であり、電磁理論と信号処理の手法を用いて実装と評価を行っています。研究においては、理論的な側面やシミュレーションによる評価だけではなく、技術の実現性を重視しており、実際に実験装置を試作して動作実験を行い、性能評価を行っています。

### ワイヤレス給電技術

ノートPCやタブレット、スマートホンなどの携帯機器、移動ロボットでは、電源の制約が大きな問題です。移動しつつこれらの携帯端末や移動ロボットへ電力を供給することができれば、その利便性は大幅に向上します。しかし、従来の無線電力伝送システムでは、端末を送信アンテナの近くに置く必要があり、移動する端末に電力を供給することは困難でした。本研究室では、送信アンテナ形状を最適化することで、移動体に対する無線電力伝送を可能にする研究を進めています。

### 分散アンテナシステムに関する研究

光ファイバ無線(RoF:Radio-on-Fiber)を用いた分散アンテナシステムの研究を行なっています。無線基地局の集中管理を可能とする光ファイバ無線リンクとMIMOに代表される空間分割多重の技術を融合して周波数利用効率の高い無線通信システムの構築を目指しています。

### センシングに関する研究

漏洩同軸ケーブルを用いた侵入者検知やRFIDを用いた低侵襲外科手術支援システムの研究を行なっています。これらは電磁波を使用して、対象物からの受信信号からその位置を推定しています。

### 無線信号処理回路の実装に関する研究

無線通信や電力線搬送システムで用いられるデジタル信号処理は、非常に演算量が多く、かつ、並列化が単純にはできないため、その実装には、様々な工夫が必要となります。本研究室では、演算規模の小さい信号処理アルゴリズムや並列化に関する研究を行なっています。

### 高信頼低消費電力無線通信システム

携帯電話や無線LANに代表されるデジタル無線通信システムは、近年、その伝送速度が大幅に向上していますが、セキュリティやロボットの制御といった非常に高い信頼性が要求される用途では、その性能は十分ではありません。本研究室では、OFDM、CDMA、アンテナダイバーシチ技術、マルチホップネットワーク、誤り制御技術といった各要素技術の研究を通じて、超高信頼性システムの実現を目指しています。

また、8K超高精細地上デジタル放送や、携帯向けマルチメディア放送に向けた、移動受信アンテナや復調アルゴリズムといったデジタル放送受信機の性能改善に向けた研究、開発を行っています。

## 研究設備

高周波信号発生器、高周波増幅器、マルチポートネットワークアナライザ、スペクトルアナライザ、デジタル変復調テスト、ソフトウエア無線デバイス、シールドケース、ワイヤレス給電実験装置、光ファイバ無線送受信装置、計算機サーバ

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- ダイヘン ワイヤレス給電に関する共同研究
- 日本無線 小型気象レーダの性能改善に関する共同研究

# インタラクティブメディア設計学研究室

http://imd.naist.jp/ja/



(写真左から)

教授：加藤 博一 kato@is.naist.jp

准教授：神原 誠之 kanbara@is.naist.jp

助教：藤本 雄一郎 yfujimoto@is.naist.jp

助教：澤邊 太志 sawabe.taishi.so0@is.naist.jp

## 革新的ヒューマンインタフェース技術の追究～真に生活者や社会に貢献する情報技術の確立を目指して～

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

ヒューマンインタフェース、コンピュータビジョン、コンピュータグラフィックスに関する基礎的な知識やソフトウェア開発能力があれば望ましいですが、必須ではありません。また、数学(幾何、確率・統計、最適化)も重要となります。

### 研究室の指導方針

多様なバックグラウンドを持った学生の受入を歓迎する中で、研究テーマに関しては、学生の希望を尊重しつつ、教員との打合せを重ねる中で、学生の特徴が活き、かつ、国際的に通用する研究テーマを設定します。また、グローバルに活躍できる人材の育成に焦点を当て、日本人学生と留学生が互いに支えつつ学び合う環境の構築を目指しています。そのため、研究室内での研究発表や議論、メール連絡などを原則英語で行っています。また、コミュニケーション力を高めるために、プレゼンテーションスキルやデモンストレーションスキルの育成にも力を入れています。

### この研究で身につく能力

一般的な研究遂行能力、具体的には、論理的思考力、文献調査能力、実験データ分析能力、論文執筆能力、チーム研究における討論力などは、具体的な研究テーマによらずに修得可能です。その上で、研究室の研究指導方針によるものとして、英語による研究発表スキルや対面での説明・討論スキル、デモンストレーションスキルなどがあります。また、海外連携研究室における研究インターンシップを推奨しており、そのような活動を通じて、国際研究プロジェクトに参画するための英語運用能力を修得可能です。また、研究テーマに依存した能力として、コンピュータビジョンやコンピュータグラフィックス分野での高度なソフトウェア開発能力や被験者実験を通じたヒューマンインタフェースシステムの評価・分析能力を修得可能です。

### 修了生の活躍の場

前期課程の修了生においては、IT関連企業全般においての技術開発部門で活躍しています。特に、映像産業、ゲーム・エンターテインメント産業を目指す学生が多いです。後期課程の修了生においては、大学教員を目指す学生が多いですが、最近では、民間企業などに就職する学生や、研究成果を用いて自ら起業する学生もいます。

### 研究内容

本研究室では、真に生活者や社会に貢献する情報技術の確立を目指して、革新的なヒューマンインタフェース技術の追究を行っています。そのために、ヒューマンインタフェースという研究分野の中で、主にコンピュータビジョンやコンピュータグラフィックスに関連する技術を用いた研究を行っています。特に、拡張現実感・複合現実感やバーチャルリアリティについての研究では国際水準の研究成果を上げています。新機能の創出、精度・信頼性等の性能向上、応用システム開発といった技術開発研究に留まらず、それら技術がユーザや社会に及ぼす影響等を評価する研究も行っています。また、異分野の研究者との共同研究も積極的に行っています。研究の応用先としては、産業分野、エンターテインメント分野、ヘルスケア分野をはじめ、多様な分野が含まれます。具体的な研究事例を以下に示します。

#### 1) 次世代ヘッドマウントディスプレイ (HMD)

主に2つの観点から研究に取り組んでいる。1つは、メガネのように薄く軽量で、かつ、広視野角、高画質なHMDの実現である。マイクロレンズアレイ方式を採用することで薄型を担保した上で、超高ピッチディスプレイパネル、眼球運動追跡などの技術を用いることで広視野角化と高画質化に取り組んでいる。2つめは、HMD使用がユーザの眼に与える悪影響(疲労感や視力低下)を低減することを目的に、ユーザの眼球の焦点調節機能に応じた最適な映像提示に関する研究を行っている。

#### 2) 慢性腎臓病患者の在宅食事療法におけるIT活用

在宅食事療法は慢性腎臓病の重篤化を防ぐ非常に重要な治療法であり、長期に渡る継続的な実践が要求されるが、患者に加え、家族のQoLにも影響があり、容易ではない。摂取栄養管理という観点ではなく、調理や運動にも注目し、患者・家族の生活環境デザインという観点からIoT技術を用いた生活支援システムに関する研究を行っている。

#### 3) 拡張現実感・画像計測技術のスポーツ応用

鹿屋体育大学と共同研究を実施している。トップアスリートのトレーニングや高齢者の健康維持・増進のための運動を支援することを目的に、拡張現実感や画像計測技術を応用し、適切なコーチングや運動者のモチベーション維持に活用することを試みている。

#### 4) 拡張現実感の実利用に向けた有効性評価と利用方法の体系化

拡張現実感技術の成熟に伴い、作業支援システムや教育システムとしての実利用が始まりつつあるが、適切な利用方法に関する知見はまだまだ揃っていない。そこで、拡張現実感の様々な利用方法について有効性の評価を行い、適切な利用方法に関する知見の体系化に取り組んでいる。さらにその知見をまとめたガイドラインをウェブページとして公開している。

#### 5) 日常的対話を継続するヒューマンロボットインタラクション(HRI)

安全・安心・快適な日常的支援を行うために、視覚・触覚・ジェスチャーなどによるマルチモーダルな対話技術の開発を目的としている。物理的な身体をもったロボットに限らず拡張現実感ロボット・バーチャルロボットを含むロボットメディアを利用した様々なヒューマンロボットインタラクション技術の研究している。

#### 6) 仮想・拡張現実感のパブリックスピーキングトレーニング応用

人と話すコミュニケーション能力の訓練に、仮想・拡張現実感を応用し、その効果を高めることを目的としている。プレゼンテーションなどの人前で話す状況を仮想環境に再現し、有効な情報提示手法について研究している。

### 研究設備

コピキタディスプレイ実験室、3次元画像計測装置、最新のヘッドマウントディスプレイ、モーションキャプチャシステム、マルチモーダルAR/VR自動走行車両その他、拡張現実感実験システムなど

### 代表的な研究業績・受賞

学術論文

- ・R. Akiyama, G. Yamamoto, T. Amano, T. Taketomi, A. Plopski, C. Sandor, H. Kato, Robust Reflectance Estimation for Projection-Based Appearance Control in a Dynamic Light Environment, IEEE TVCG, (2019).
- ・D. C. Rompapas, C. Sandor, A. Plopski, D. Saakes, J. Shin, T. Taketomi, H. Kato, Towards Large Scale High Fidelity Collaborative Augmented Reality, Computers & Graphics, Vol.84, pp.24-41 (2019).
- ・M. Krichenbauer, G. Yamamoto, T. Taketomi, C. Sandor, H. Kato, Augmented Reality vs Virtual Reality for 3D Object Manipulation, IEEE TVCG, Vol.24, No.2, pp.1038-1048 (2018).
- ・D. Rompapas, A. Rovira, A. Plopski, C. Sandor, Y. Goshiro, H. Kato, S. Ikeda, EyeAR: Refocusable Augmented Reality Content through Eye Measurements, Multimodal Technologies and Interaction, Vol.1, No.4, pp.22:1-22:18(2017).

・M. Santos, A. Chen, T. Taketomi, G. Yamamoto, J. Miyazaki, H. Kato, Augmented Reality Learning Experiences: Survey of Prototype Design and Evaluation, IEEE TLT, Vol.7, No.1, pp.38-56(2014).

国際会議発表

- ・K.Tainaka, Y. Fujimoto, M. Kanbara, H. Kato, A. Moteki, K. Kuraki, K. Osamura, T. Yoshitake, T. Fukuoka, "Guideline and Tool for Designing an Assembly Task Support System Using Augmented Reality," IEEE ISMAR (2020).

受賞

- ・Hirokazu Kato, Mark Billinghurst: Lasting Impact Award, the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2012), Atlanta, USA, (2012).
- ・Hirokazu Kato: The 2009 Virtual Reality Technical Achievement Award from IEEE VGTC (2009).

### 海外連携研究機関

- ・ミュンヘン工科大学(ドイツ): 拡張現実感
- ・国立成功大学(台湾): 拡張現実感のリハビリ支援応用
- ・プリモルスカ大学(スロベニア): 3次元ユーザインタフェース
- ・トレント大学(イタリア): 拡張現実感の医療応用



# 光メディアインタフェース研究室

http://omilab.naist.jp/index-jp.html



(写真左から)

教授：向川 康博 mukaigawa@is.naist.jp

准教授：船富 卓哉 funatomi@is.naist.jp

客員准教授：久保 尋之 hkubo@is.naist.jp

客員准教授：田中 賢一郎 ktanaka@is.naist.jp

助教：藤村 友貴 fujimura.yuki@is.naist.jp

## トレンドは追わない。発想の転換で世界の最先端に挑む。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

コンピュータビジョンやグラフィックスの基礎的な知識やプログラミング経験があるに越したことはありませんが、必須ではありません。むしろ、少し離れていた方が、研究の幅が広がることもあります。いずれにせよ、知的好奇心が旺盛であれば問題ありません。

### 研究室の指導方針

原則として一人に一つのテーマを割り当て、全教員が参加する週に一度のミーティングで進捗を確認して指導を行います。それとは別に、複数人で一つのテーマに集中して取り組むこともあれば、興味分野の広い学生には一人に複数テーマを割り当てることもあります。全員が在学中に少なくとも1回の学会発表を行うことを目指し、優れた成果が出た場合には、積極的に国際会議での発表も目指していきます。

### この研究で身につく能力

計測実験やプログラミングなどの実験遂行能力はもちろん、論理的思考力やコミュニケーション力など、研究に必要とされる一連の基礎能力が身につきます。特に本研究室の主要ツールであるカメラについては、動作原理や撮影技法などの専門知識が身につきます。また、あえてトレンドは追わずに、発想を転換してまったく異なる解法で世界の最先端に挑む習慣が身につきます。

### 修了生の活躍の場

主に電機メーカーやシステム開発などの企業で、研究職や開発職などに就いています。また、博士後期課程に進学する学生もいます。

### 研究内容

光源から出た光は、シーン中で反射・屈折・散乱等の光学現象を繰り返し、カメラや我々の眼に届きます。我々人間は眼で見ただけで、物体表面の状態がツルツルしているのかザラザラしているのかといった表面の荒さだけではなく、重いか軽いかといった質量や、金属なのかプラスチックなのかといった材質に関する物理情報、さらには安っぽいのか高級感があるのかといった感性に関わる情報も感じ取っています。つまり、光線はシーンに関する貴重な情報を運ぶ媒体と考えることができます。この光の伝播からシーンを理解する能力をコンピュータ上で実現することで、光を媒体として人間とコンピュータがシーンの情報を共有できる「光メディアインタフェース」を実現することを目指しています。

#### コンピュータビジョン

カメラで撮影された視覚情報に基づいて、物体の3次元形状や材質を推定し、コンピュータがシーンを理解する技術を開発します。そのためには、通常のカメラだけではなく、遠赤外カメラや分光カメラ、さらには物体までの距離を計測するTime-of-Flightカメラなど、様々なカメラを活用します。車の自動運転や製品検査など、産業界でも必要とされている技術です。



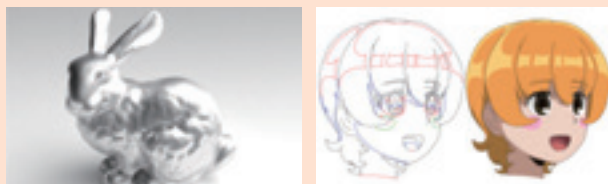
#### コンピュータショナルフォトグラフィ

カメラによる写真撮影の過程に計算処理を組み込むことで、カメラを進化させます。単なる画像処理ではなく、特殊な光学系を加えることでカメラの物理的な性能限界を超えることができ、通常のカメラでは不可能な撮影も可能となります。最近ではスマートフォンにも実装されつつある新しい技術です。



#### コンピュータグラフィックス

光が反射や散乱する様子をカメラで計測することで、実物が持つ独特の質感をCGで忠実に再現する技術を開発します。単にCGをディスプレイに表示するだけではなく、実物そっくりのレプリカを作成するなど、CGの新しい見せ方にも挑戦しています。また、アニメ制作の支援技術の開発にも取り組んでいます。



© OLM Digital

#### センシングシステム開発

シーン中で生じる反射や散乱などの光の伝播を計測するために、用途に合わせたセンシングシステムを開発します。様々な光学素子や光源を組み合わせることで、世界に1台しかないシステムを実際に作ります。特にプロジェクトとカメラを組み合わせたシステムは、工夫次第で様々な用途に利用可能です。



### 研究設備

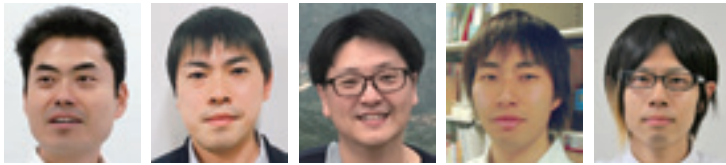
計算サーバはもちろん、用途に合わせて大小様々な規模の暗室があります。また、ToFカメラ・光線空間カメラ・ハイバースペクトルカメラ・サーモグラフィカメラ・冷却CCDカメラなどの特殊センサがあり、最先端の研究をするための環境が整っています。

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

大型予算JUST CRESTをはじめとする多数の外部資金を獲得しており、また、大阪大学、Arizona State University (アメリカ)、University of California, Los Angeles (UCLA) (アメリカ)、University of Picardie Jules Verne (フランス)、多数の民間企業と共同研究を実施しています。豊富な研究費と優れた人材により、世界最先端の研究を実施しています。研究成果は、CVPRやSIGGRAPH Asiaをはじめとする、世界最高峰のコンピュータビジョン・グラフィックスの国際会議で発表しています。また、それらの専門的な成果を一般の皆様にもわかりやすく伝えるアウトリーチ活動にも力を注いでいます。

## サイバネティクス・リアリティ工学研究室

http://carelab.info/ja/



(写真左から)

教授：清川 清 kiyo@is.naist.jp

准教授：内山 英昭 hideaki.uchiyama@is.naist.jp

客員准教授：酒田 信親 sakata@is.naist.jp

客員准教授：河合 紀彦 norihi-k@is.naist.jp

助教：磯山 直也 isoyama@is.naist.jp

## 現実感を自在に操り人の能力を拡張する

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

人間の知覚・認知・心理・身体機能などに強い関心があり、人類を科学技術でもっと幸せにしたいと考えていること。ものづくりが好きで、諦めない粘り強さがあること。数学と英語にアレルギーがないこと。

## 研究室の指導方針

様々な背景の学生が集うので、配属後はVR系のものづくりのチームプロジェクトに参画し、基礎的な技能や協調性を養ってもらいます。研究テーマは学生の希望を尊重し、スキルや経験を考慮してじっくり決めていきます。画像処理、電子回路、ロボットなど、一人ひとりの得意分野を活かし、社会での実用を視野に入れつつ、世界的な研究となるようみんなで育てていきます。留学生や外国人来訪者、海外との共同研究が多いので、英語でのコミュニケーションを楽しめる姿勢を育みます。最終的に最難関の国際会議や論文誌への投稿を目指します。

## この研究で身につく能力

大学院で研究するということは、そのトピックで世界のナンバーワン、オンリーワンになるということです。自身の研究の価値を説明し、科学的に検証する必要があります。そのために必要な、良いアイデアを生む発想力、アイデアを具現化する実行力、それを人に伝える発信力は日々の研究活動で自然に鍛えられます。幸い拡張現実感やバーチャルリアリティ、画像処理、機械学習、それらを駆使した人間拡張などの技術は現在大変注目を集めています。これらは今後数十年間、人類の幸せとは何かを問いなおすような大きな社会変革の原動力となる核心的技術です。その先端技術を学んだ皆さんは、必ず社会から求められる人材になるでしょう。ぜひ大きなビジョンを持って活躍してほしいと願っています。

## 修了生の活躍の場

修了生は博士後期課程への進学その他、パナソニック、富士通、リコー、IBM、ソニーなどの電機系、NTTコミュニケーションズ、サイバーエージェント、ヤフー、DeNAなどの通信・IT系に多く就職しています。

## 研究内容

【何を研究しているのですか?】

「サイバネティクス」は人とシステムを統合的に扱う学問のことです。「リアリティ工学」は現実感を操作するあらゆる技術を総称する造語です。サイバネティクス・リアリティ工学研究室では、身につけることで現実感を自由自在に操作し、新たな能力を獲得する、人間に対するプラグインあるいはエクステンションモジュールとしての情報システムについて研究しています。ひとこと言えば、未来の道具や超能力をマジメに創ろうとしています。

私たちは眩しければサングラスをかけ、聞こえにくければ補聴器をつけます。私たちは現実世界の見え方、聞こえ方、感じ方を操作・調整する様々な道具を使っているのです。バーチャルリアリティ (VR)、拡張現実感 (AR)、コンピュータビジョン、機械学習、生体情報処理などといった様々な先端技術を駆使することで、より自由自在に現実感を操作することができます。

こうした未来の道具を用いることで、障害を補ったり、新たな能力を獲得したり、人間の可能性を無限に拡げることができるのです。これにより、ひとりひとりのTPOに寄り添った「パーソナライズドリアリティ」を提供し、より便利に、より快適に、あるいはより安心して生活できることを目指しています。こうした情報システムを通じて、すべての人々がそれぞれの能力を最大限に発揮して助け合う、インクルーシブな社会の実現に寄与したいと考えています。研究室の略称であるCAREには、人をケアして寄り添うという意味も込められています。

【具体的にはどのような例がありますか?】

人や環境の状態を知るセンシング技術、感覚を操るディスプレイ技術、道具と人の関わり方を考えるインタラクション技術を3つの柱として、様々な研究開発を行っています。

例えば、人間の視野に匹敵する超広視野HMD、眼を凝らすと注視箇所が自動的にズームするゴーグル、実際には動くことなく滑らかに視点を変化させて今いる部屋を上から眺められるゴーグル、周囲の人を小さくして満員電車であっても空いているように感じられるゴーグル、表情を強調してお互いの気持ちが伝わりやすくなるビデオチャットなどを開発しています。視覚以外にも、向きを変えられる強力なファンを用いて風のパワーで目的地まで誘導してくれるナビゲーションシステムや、座ったままなのに歩いた感覚が得られるブーツなどを開発しています。

他にも様々な研究を実施しています。詳しくはホームページ (<http://carelab.info/>) をご覧ください。



研究分野



超広視野 HMD

ノイズキャンセリングゴーグル

表情の強調

## 研究設備

様々なHMD、機械学習用ハイエンド計算機など

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

■ J. Oriosky, Y. Itoh, M. Ranchet, K. Kiyokawa, J. Morgan, and H. Devos, "Emulation of Physician Tasks in Eye-tracked Virtual Reality for Remote Diagnosis of Neurodegenerative Disease," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG), Vol. 23, No. 4, pp. 1302-1311, 2017.

■ J. Oriosky, T. Toyama, K. Kiyokawa, and D. Sonntag, "ModuAR: Eye-controlled Vision Augmentations for Head Mounted Displays," IEEE Transactions on Visualization and

Computer Graphics (TVCG), Vol. 21, No. 11, pp. 1259-1268, 2015.

■ A. Plopski, Y. Itoh, C. Nitschke, K. Kiyokawa, G. Klinker, and H. Takemura, "Corneal-Imaging Calibration for Optical See-Through Head-Mounted Displays," IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics (TVCG), Vol. 21, No. 4, pp. 481-490, 2015.

【共同研究】

豊田中央研究所、TIS、パナソニック、東北大学、核融合科学研究所など

【社会活動】

日本バーチャルリアリティ学会理事、IEEE Virtual Reality Science Steering Committee Memberなど

【外部資金】

文部科学省・科研費(基盤A×1、基盤B×3、基盤C×1、若手B×1) など



# ヒューマンロボティクス研究室

http://isw3.naist.jp/Contents/Research/ai-01-ja.html



(写真左から)

教授：和田 隆広 t.wada@is.naist.jp

准教授：高松 淳 j-taka@is.naist.jp

客員准教授：Garcia Gustavo garcia-g@is.naist.jp

助教：佐藤 勇起 sato.yuki@is.naist.jp

助教：趙 崇貴 cho@is.naist.jp

## 人を識り、人に役立つ機械システムを創る

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

数学や英語などの基礎学力、簡単なプログラミング能力を備えていることを期待します。ロボット・自動車などの知能機械システムや、人間の巧みさの理解、人間と機械の関係などに強い興味があれば、専門的な知識は入学後に学べます。

### 研究室の指導方針

研究テーマは学生個人の興味や得意分野等を考慮して決定します。一人1テーマを基本としますが、チームを形成することで、知識やツールを共有すると共に、互いに議論しながら研究を進めます。

### この研究で身につく能力

ロボット・機械システムを制御する技術、ハードウェア・ソフトウェアの設計・製作と統合技術、情報技術を活用した人間特性モデリング技術、人間に使いやすいヒューマンマシンシステムの設計技術、(特に人を含む) 実験を通じた評価などをバランスよく身につけられます。

### 修了生の活躍の場

自動車メーカー、総合電機メーカー、情報通信産業など幅広い分野、大学教員として活躍している者も。

### 研究内容

センシングから運動制御までを人工的に構成するロボティクス技術や、これを用いた人間行動のモデリング、さらにこれらを融合したヒューマンマシンシステムの構成手法に関する研究を行っています。

#### A. ヒューマンモデリング

人間の巧みな感覚情報処理、運動機能を、システム論的に理解するための研究を行います。特に機械(道具)を扱う人間の特徴の理解に焦点を当てています。

- ・人の感覚情報処理/動揺病(乗物酔い、VR酔い、宇宙酔い)の実験研究、計算モデリング
- ・多リンク構造体の有する巧みさの力学的理解
- ・機械オペレータ(自動車運転手など)の数理モデリング
- ・アフェクティブタッチロボットと触れるスキルのモデル化

#### B. ロボットによる作業実現

ロボットのハードウェア・ソフトウェアに関する基礎的研究と産業等への応用を広く研究します。

- ・柔らかな物体のロボットによる操作(変形制御、操り)
- ・ロボットビジョンとマニピュレーション
- ・ソフトロボティクス(センシング機能を持つジャミンググリッパ・柔軟治具)
- ・ヒューマノイドロボットによる物体操作
- ・水中ロボット(遠隔操作、マニピュレーションなど)

#### C. ヒューマンマシンシステム・ヒューマンロボットコラボレーション

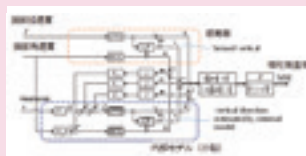
ヒューマンモデリング、ロボット技術を統合し、人間にとっても使いやすいヒューマンマシン(ロボット)システムを実現。

- ・Shared Control(協調制御)の研究(自動車、遠隔操作水中ロボットへの応用など)
- ・大腿義足制御
- ・アンドロイドロボットとノンバーバルコミュニケーション
- ・皮膚表面形状計測に基づく上肢動作推定とリハビリシステムへの応用

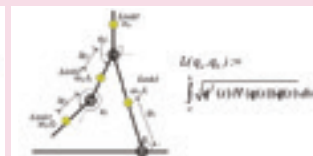
#### D. 自動車分野の研究例

搭乗型ロボットの例としての自動車を対象に、様々な研究を実施しています。

- ・快適な自動運転の実現(スムーズな運転引継ぎ、酔い低減など)
- ・ドライバ cybernetic model に基づく車両運動制御
- ・運転技量や車両操作性のシステム論的理解



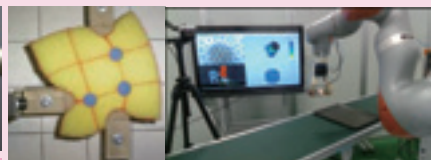
人の感覚情報処理/乗物酔いの計算モデル



身体運動の巧みさに関する運動情報の理解



アフェクティブタッチロボットと触れるスキルのモデル化



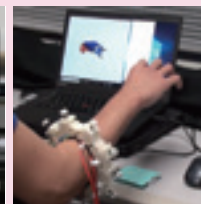
ロボットによる物体操作とロボットビジョン



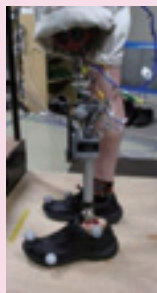
ヒューマノイドロボットによる物体操作



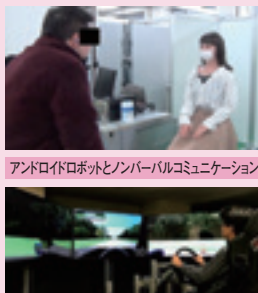
遠隔操作建機システム



皮膚表面形状計測に基づく上肢動作推定とリハビリシステム



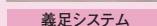
義足システム



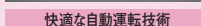
アンドロイドロボットとノンバーバルコミュニケーション



水中ロボット



ドライビングシミュレータ



快適な自動運転技術

### 研究設備

ドライビングシミュレータ、小型電気自動車、回転椅子、ヒューマノイドロボット、双腕ロボット、水中ロボットなど

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

共同研究先：筑波大学、立命館大学、東京大学、日本自動車研究所、香川大学、デルフト工科大学、ミシガン大学、民間企業との共同研究も積極的に行っています。

# 知能システム制御研究室

<http://genesis.naist.jp/>



(写真左から)

教授：杉本 謙二 kenji@is.naist.jp

助教：小林 泰介 kobayashi@is.naist.jp

助教：花田 研太 hanada@is.naist.jp

仲間や先生とともに研究に自主的・積極的に取り組める人、計算機を活用してモノを動かしたい人、広く数理学や基礎工学に興味のある人はぜひ受験してください。

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

数理的なものの見方さえできれば、情報系学科の出身でなくても大丈夫です。特に機械・電気工学系出身の学生が多数在籍しています。計算機のスキルやロボコン経験などもあれば、さらに良いでしょう。

## 研究室の指導方針

研究テーマは入試時の小論文から形式的に決めるのではなく、配属後に先生方と相談しつつ各自の希望を十分に考慮して決めます。研究室全体としては定例の研究報告会(基本的に週1回)があり、輪講や、先生ごとの個別のミーティングもあります。情報以外にもいろいろな学科(機械、電気等々)から学生が来るので、各自のバックグラウンドや適性に応じて個別に指導を行います。最初は学生同士で入門的な勉強(古典制御や機械学習)から始め、その後、各自の研究テーマごとに発展的な内容を学習して、徐々に研究レベルまで進みます。

## この研究で身につく能力

技術分野としてはシステム制御、人工知能(機械学習・強化学習)、ロボティクス等ですが、むしろ大切なことは論理的なものの見方や課題への取り組み方、困難な問題に如何にして取り組む(または回避しつつ目的を遂げる)か、といった仕事の進め方、チームの内や外とのコミュニケーションの取り方であると考えます。研究室の活動を通じて、このような実力を身につけていただきます。

## 修了生の活躍の場

製造業などの技術系全般、特に自動車、鉄鋼、電機、機械、IT、化学、インフラなど多岐にわたります。

## 研究内容

### 【杉本】

ロボ制御や適応学習制御、モデリングなど、モノを操る数理学である制御理論の研究をしています。最近では特にネットワーク化制御や適応学習に興味を持っています。学生諸君には小型のロボットアームやドローン、柔軟構造物などによる検証実験や数値シミュレーションを通じて実社会で役立つ制御技術を習得してもらいます。

### 【小林】

これまでの「整えられた環境下で与えられた作業をこなす」ロボットを脱却し、「生物のように自らの手で目的を見出し達成していく」次世代の自律ロボットの開発を目指しています。そのために、生物を模倣した脳型情報処理構造(ニューラルネットワークなど)を用いた学習制御技術や、確率統計や力学系の特性を利用した様々な作業を扱える汎用的な目的的设计手法などについて研究しています。また、これら理論研究を検証するための新型ロボットの製作にも取り組んでいます。

### 【花田】

近年、人工知能における機械学習やソーシャルネットワークの解析で、ビッグデータ(極めて大きなサイズのデータ)を扱う機会が増えてきました。このようなデータは一つの計算機メモリ上には収まりきらない場合があり、非常に扱いが困難です。そこで、データを分割して複数の計算機で学習や解析を行う分散協調問題解決という手法が盛んに研究されています。本研究室では、マルチエージェントシステムを用いた分散最適化問題を解くアルゴリズムの構築や性能の数理的・数値的解析に取り組んでいます。また、これら理論研究を検証するための新型ロボットの製作にも取り組んでいます。

## 研究設備と研究イメージ



図1: 小型ロボットの集合



図2 小型マルチコプター AR Drone (2.0)

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究成果はIEEE Trans. on Robotics, Nonlinear Dynamics といった世界トップレベルの雑誌に発表しています。ミュンヘン工科大学などと国際共同研究を進める一方、複数の民間企業(ダイヘン、サムソンなど)との実用化研究にも積極的に取り組んでいます。科研費(基盤B、若手研究、若手Bなど)や財団の助成金もコンスタントに獲得していて、毎年多くの学生が国内外で研究発表をしています。

より詳しい情報はウェブページ(<http://genesis.naist.jp/>)や下記の著作を参考にして下さい。

・小林ら、『19.11マルチロボモーション』、松野ほか(編)、ロボット制御学ハンドブック、近代科学社、pp. 644-646 (2017)

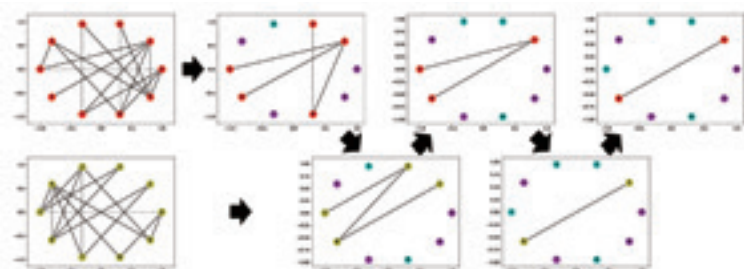


図3 相互依存したネットワークのカスケーディング現象



# 大規模システム管理研究室

http://www-lsm.naist.jp/



(写真左から)

教授：笠原 正治 kasahara@is.naist.jp

准教授：笹部 昌弘 sasabe@is.naist.jp

助教：張 元玉 yzhang@is.naist.jp

助教：原 崇徳 hara.takanori@is.naist.jp

## 不確実な社会に対するスマートな意思決定に向けた数理的手法の探求と情報処理技術の創造

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

数学・プログラミング・アルゴリズム・ネットワーク等、情報科学の基礎知識を持っていることは望ましいですが、それ以上に新しいことに挑戦する意欲、旺盛な好奇心、知的探究心、研究に対する明確なビジョンを持っていることが重要です。

### 研究室の指導方針

研究テーマについては個人のバックグラウンドを考慮し、教員と議論しながら研究テーマを絞り込んでいきます。研究テーマに必要な基礎事項を習得しつつ、先端の研究動向を踏まえながら、独創性に富んだ研究を遂行してもらうと同時に、研究室での研究報告やディスカッションを通じて論理的な思考と研究プレゼンテーション能力を高め、国内学会や国際会議での研究発表、学術論文誌への論文投稿を通じて世界に通用する研究コミュニケーション能力を養います。

### この研究で身につく能力

本研究室のテーマを研究することにより、大規模かつ複雑な情報システムの設計・制御・評価に役立つ先端的な情報科学の理論やネットワーク、データ構造、アルゴリズムの幅広い知識が身につくと同時に、大規模システムの本質を把握する能力が育まれます。また近年のビッグデータ解析や機械学習のような、時代の要請で必要となる理論や手法に対する学習の取り組み方、応用の仕方を身につけることができ、それによって将来の研究開発トレンドに柔軟に対応できる学習応用力が養われます。

### 修了生の活躍の場

情報通信・情報サービス系企業、コンサルティング系企業

### 研究内容

大規模システム管理研究室では、不確実性の高い社会システム(大規模災害時の避難支援や仮想通貨技術など)に対し、IoTやビッグデータ解析、機械学習など最先端の技術を駆使して、協調や連携を創発する意思決定メカニズムの研究に取り組んでいます。研究内容としては、限られた情報量やユーザ間の利害関係といった制約の下、最適な意思決定を行うメカニズムの実現を目指し、数理アナリティクス、リスク予測・分析、大規模データ処理アルゴリズム、ビッグデータ解析、機械学習、といった情報科学の最先端の知見を駆使して、人やモノの行動予測、大規模災害時の被害把握・避難支援の自動化、仮想通貨やスマートコントラクトといったフィンテックを支えるブロックチェーン技術、物流ネットワークやソーシャルネットワークから得られる莫大なグラフ構造データに対する高速解析技術といった、不確実性の高い社会システムのスマート化に向けた研究を幅広く行い、産業に密接した研究成果を発信しています。

#### ○数理アナリティクス

応用確率論や理論アルゴリズム、ゲーム理論やメカニズム・デザインといった情報科学の知見を駆使して、ビッグデータを高度に活用する超大規模なデータセンターやネットワークシステムのデザイン、さらにはシステム上で提供されるサービスの設計や、ビットコインに代表される分散型仮想通貨エコシステムに関する研究を行います。

#### ○超スケーラブル汎用ブロック・チェーン技術

仮想通貨の基盤技術であるブロック・チェーンには、分散性・安全性・拡張性の三要素を同時に満たすことができないトリレンマ関係が存在し、そのため不特定多数の参加ノードからなる分散システム上で、高度なセキュリティを確保しかつ高速なトランザクション承認を提供するブロック・チェーンの実現が不可能と言われていました。本研究テーマでは、ブロック・チェーンのトリレンマを克服するための方法論を情報学横断的に探求することを目指しています。具体的には、(1) 脆弱なセキュリティの原因となるチェーン分岐現象を数理的に解明し、(2) 情報量が圧縮されかつ高速演算可能な先進的なデータ構造をブロック構造やチェーン・トポロジー構造に適用し、加えて(3) ブロックの高速ブロードキャスト配信を可能とするP2Pネットワーク技術を開発し、それらの要素技術を効果的かつ有機的に統合・融合させることで、極めて汎用性の高い超スケーラブル・ブロック・チェーン技術の創出を目指しています。

#### ○人と機器の融和に基づく自動避難誘導と地理ビッグデータを用いたリスク分析

2011年3月に起きた東日本大震災では、通信インフラの被災により、固定通信網・携帯電話網ともに長時間かつ広範囲で利用できなくなり、その結果、安否情報・避難情報・行政情報など様々な重要性の高い情報を被災者・救助者が円滑に収集・配信することができなかった事例が多数報告されています。本研究では、このような状況下においても、被災者を安全な経路・避難所へと迅速に導くことのできる避難誘導システムの実現を目指しています。特に、避難者とモバイル端末(携帯電話など)間での暗黙の連携による被災状況把握と避難誘導の自動化、避難者(の端末)間での道路網状態に関する情報共有、地理ビッグデータに基づく道路網のリスク予測といった様々な要素技術を組み合わせることで、問題の解決に取り組んでいます。

#### ○ゲーム理論に基づく利己的最適制御

インターネットや交通網など、私達は普段から様々な社会システムに支えられています。その際、動画サービスを途切れなく高画質で楽しみたい、目的地までできるだけ早く到着したい、といった思いを持つことは自然なことです。一方で、サービスを支えるシステムの資源は有限です。例えば、コンテンツ配信サービスの場合、配信サーバの処理能力やネットワークの回線容量などが資源として挙げられます。サービスを提供する側のシステムとしてはこのような資源制約の下、できる限り多くのユーザの満足度を向上させるなど、全体最適の考え方が求められます。本研究では、このようなシステム全体としての最適化を個々のユーザの合理的かつ利己的な意思決定の下で実現することを目指しています。

#### ○IoTセキュリティ

モノのインターネット(IoT)は、インターネットのようなインフラストラクチャーを介して様々なモノ(人、センサー、スマホなど)同士の情報交換を可能にし、e-ヘルス、スマートホーム、環境モニタリングなど幅広い重要なアプリケーションの基本的なアーキテクチャになっています。一般に、IoTアーキテクチャは、環境を感知するIoTノード、IoTノードから無線でデータを収集するIoTゲートウェイ、データを格納および処理するIoTクラウドおよびデータにアクセスするIoTユーザから構成されます。本研究では物理層認証や物理層暗号化、さらにはブロック・チェーン技術とアクセス制御を組み合わせ、IoTアーキテクチャの最も脆弱なノード・ゲートウェイデータ収集部分を保護するセキュリティフレームワークを提案します。



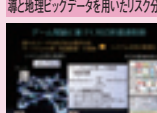
図：分散型仮想通貨エコシステム



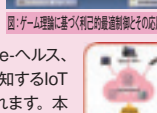
図：DSSトリレンマと関係のブロック・チェーン



図：人と機器の融和に基づく自動避難誘導と地理ビッグデータを用いたリスク分析



図：ゲーム理論に基づく利己的最適制御とその応用



図：セキュリティフレームワーク

### 研究設備

大規模並列分散処理・ビッグデータ解析研究基盤システム

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

#### 研究業績

■Hara, T., Sasabe, M., and Kasahara, S., "Geographical Risk Analysis Based Path Selection for Automatic, Speedy, and Reliable Evacuation Guiding Using Evacuees' Mobile Devices," Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, vol. 10, no. 6, pp. 2291-2300, June 2019.

■Zhang, Y., Kasahara, S., Shen, Y., Jiang, X., and Wan, J., "Smart Contract-Based Access Control for the Internet of Things," IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, no. 2, pp. 1594-1605, April 2019.

■Nakahata, Y., Kawahara, J., Horiyama, T., and Kasahara, S., "Enumerating All Spanning Shortest Path Forests Using Zero-suppressed Binary Decision Diagrams," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol. E101-A, no. 9, pp. 1363-1374, September 2018.

#### ■共同研究

NTT、京都大学、大阪大学、北海道大学他と共同研究

#### ■社会活動

国内外の学術論文誌編集委員、国際会議や国内研究会の運営委員

#### ■外部資金

科学研究費基盤研究(A)、基盤研究(C) 特設分野、基盤研究(C)、若手研究、SCAT研究助成、電気通信普及財団2件



# 数理情報学研究室

<https://sites.google.com/view/milab/home>



(写真左から)

教授：池田 和司 kazushi@is.naist.jp  
 准教授：吉本 潤一郎 juniti-y@is.naist.jp  
 特任准教授：久保 孝富 takatomi-k@is.naist.jp  
 助教：福嶋 誠 mfukushi@is.naist.jp  
 助教：日永田 智絵 hieida@is.naist.jp

## どこにでも数理モデル! Mathematical Models Everywhere!

本研究室では生体やそのインタラクションをシステムとしてとらえ、数理モデルを通してその基本原理を解明し応用する研究をしています。これは、計算学（機械学習）、理学（生命数理）、工学（信号処理）を広くカバーする境界領域研究です。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

数理モデル構築には必ずしも難しい数学が必要ではありません。データの背後にある本質に迫る好奇心がなにより大事です。また、データ取得と解析を実行する行動力も必要です。

### 研究室の指導方針

まず機械学習アルゴリズムの理論的背景と実装について学びます。また、研究計画を立て研究論文を書くための基本も最初に学びます。その後は興味を持ったテーマについて、データ解析および数理モデル構築を中心に研究を進めます。多くの場合、データ取得実験や実験計画立案にも参画することになります。機械学習アルゴリズムに興味がある場合は、情報幾何学や情報理論、統計科学などの理論を学び、研究に取り組みます。

### この研究で身につく能力

研究テーマが多岐にわたることから幅広い知識を得られるとともに、どのような分野においても本質を捉える「数理モデル」が重要であることがわかります。また、それを構築するための基礎を身につけることができます。さらに理学的研究が多いことから、仮説の構築とその検証のための実験計画の考え方も学べます。

本研究室の研究テーマは国内外との共同研究が多いことから、異文化異分野に対する理解が深まり、コミュニケーション能力も磨かれます。

### 修了生の活躍の場

情報産業を中心に、自動車産業、電機産業などにも就職しています。また、博士後期課程に進み、研究者になる学生も多いです。

### 研究内容

本研究室では「数理モデル」を扱うすべての領域を研究対象としているため、研究テーマは多岐にわたりますが、大別すると機械学習、生命数理、信号処理に区分されます。

#### 【機械学習】

ベイズ理論による統計的信号処理、知識発見およびデータマイニング、統計的学習理論、因子解析とスパースモデルによるデータ解析、情報幾何学・情報理論の応用、強化学習の理論と応用

#### 【生命数理】

細胞の数理モデル構築、病態脳の特異性解析およびマルチモーダル生理指標に基づく治療支援、共感性の神経回路基盤、認知的インタラクションデザイン学、価値基準の共有モデル、バイオロギングデータ解析

#### 【信号処理】

自動車運転行動の数理モデル、構音障害者支援技術開発、適応支援ロボティクス、適応信号処理の開発・解析、ビッグデータ解析の産業応用

### 研究設備

眼球運動計測装置、脳波・筋電計測装置、近赤外光分光装置、モーションキャプチャ装置など。

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

共同研究先：NAIST/バイオサイエンス領域/ATR/Cinet/熊本大/麻布大/奈良医大/奈良医療センター/奈良高専/京都女子大/京大/OIST/理研CBS/名古屋大/広島大/徳島大(榊デンソー)/日本電産(AdMU(フィリピン))など。

# 生体医用画像研究室

http://icb-lab.naist.jp/index.html



(写真左から)

教授：佐藤 嘉伸 yoshi@is.naist.jp

准教授：大竹 義人 otake@is.naist.jp

助教：Mazen Soufi msoufi@is.naist.jp

特任助教：上村 圭亮 keisuke-uemura@is.naist.jp

## 「画像・人工知能」×「生体医療」の融合領域を開拓します。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

プログラミングと英語、さらに、画像処理、機械学習、数理学一般の知識が必要ですが、研究の中で、これらの知識・能力を伸ばそうという意欲が大事です。上記科目や医用画像工学の知識は、入学後でも勉強できます。

### 研究室の指導方針

研究課題のほぼすべてが他機関とのチーム型共同研究プロジェクトの一部です。研究室の指導教員だけでなく共同研究者と一緒に、生体医療における実問題の解決に取り組みます。他分野の研究者からみると、学生といえども専門家とみなされます。共同研究では、問題を、他分野（主に、生体医療）の視点から理解することに加えて、情報科学的視点からの分析・解決を行える情報科学者としての専門性が求められます。このような研究環境の中で、情報科学、および、融合領域推進の専門家としての自立を促します。

### この研究で身につく能力

生体医療の実問題の解決を通して、理論・手法の理解を深め、実践力を高めます。(1) 医用画像工学、多次元画像処理、機械学習の理論と実際、(2) 公開されているものも含むツール・ライブラリや人体データベース等の活用法を学びます。特に、深層学習については、本研究室では医用画像認識における高い性能を実証しており、最新技術を習得できます。

共同研究を通して、高いプレゼン能力と発想力を養います。他分野の専門家に、自分の研究内容を説明するには、同じ分野内でのプレゼンとは異なる本質的理解が必要です。本質的理解は、共同研究者の納得を得るためだけでなく、自身の「問題の本質をつかみ発想力」につながり、情報科学の立場から他分野に対して問題提起する能力を高めます。

### 修了生の活躍の場

修了生は、医療系、および、医療とは直接関係のない会社の両方に就職しています。研究の道を志す学生や起業を志す学生は全力で支援します。

### 研究内容

当研究室では、生体医用画像を中心として、人体や医療を情報科学のツールで分析・理解し、経験豊富な医師の能力をさらに増強するシステムの研究をしています。これにより、従来の「経験に基づく医学」を「科学的機序とデータサイエンスに基づく計算医学」に転換することを目指します。

#### (1) 計算解剖学

医療現場では、膨大なデータ量の3次元画像、動態画像、顕微鏡画像等が、日々、撮影されており、もはや、人間である医師がそれらデータの潜在的情報量をフル活用することが難しくなっています。その潜在的情報量をフル活用するための基盤技術として、私たちは、多次元画像解析、深層学習、統計解析などの手法・理論を駆使して、医用画像から人体解剖・機能をモデル化し、計算機内に「仮想人体」を自動構築する「計算解剖学」の研究を行っています。(図1)。



図1 計算解剖学の研究例：CT 画像からの筋骨格領域の自動認識と筋線維走行モデル

#### (2) 手術データサイエンス

過去の患者の手術前後の画像・検査データ、手術計画データ、手術ログなど、手術の全過程で得られるあらゆるデータを、仮想人体上に統合します。これにより、手術前の疾患の状態、手術の実施、手術後の治療効果を時間軸上で表現する4次元仮想患者モデルを構築します。このモデルのデータベースを機械学習することで、新しい患者の手術前のデータから、最適手術計画や治療効果を自動予測するシステムを構築します。(図2)

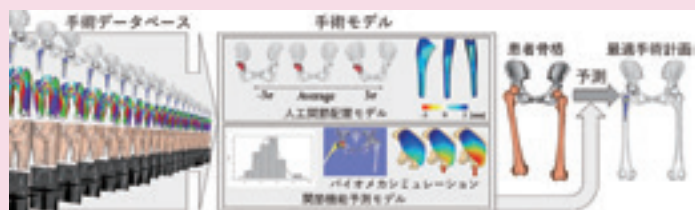


図2 手術データサイエンスの研究例：大規模データベースに基づく人工関節手術の計算モデル

### 研究設備

- 医用画像装置：立位撮影MRI装置 (Esaote社製)、超音波診断装置 (日立アロカ製)
- 計算機：PCクラスタ (28CPU、168コア)、深層学習用GPUマシン (21台)、ファイルサーバ (230TB)
- ソフトウェア：3次元医用画像処理システム (Synapse Vincent, 富士フイルム社製)
- センサ類：3次元位置計測センサ (Northern Digital社製)、3次元形状スキャナ (Artec社製)

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- 研究業績：(1) Hiasa, Y, et al. Automated muscle segmentation from clinical CT using Bayesian U-net for personalized musculoskeletal modeling. IEEE Transactions on Medical Imaging, in press.(2) Soufi, M., et al. Liver shape analysis using partial least squares regression-based statistical shape model: application for understanding and staging of liver fibrosis. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery 2019;14(12):2083-2093. (3) Otake Y, et al. Patient-specific skeletal muscle fiber modeling from structure tensor field of clinical CT images. In Proc. MICCAI 2017:656-63. (4) Uemura, K., et al. Change in pelvic sagittal inclination from supine to standing position before hip arthroplasty. The Journal of Arthroplasty. 2017;32(8):2568-2573.
- 共同研究：大阪大学 (整形外科、放射線科)、鶴見大学 (歯科)、米国・ジョンズホプキンス大学 (医工学)、米国・ハーバード大学 (医工学)、韓国・Ajou大学 (解剖学) など共同研究。
- 外部資金：科研費・基盤(A)、AMED、CREST、企業共同研究等

# 計算システムズ生物学研究室

http://csblab.naist.jp/csblab/



(写真左から)

教授：金谷 重彦 skanaya@gtc.naist.jp  
 客員教授：飯田 秀博 iidahide@is.naist.jp  
 准教授：Md. Altaf-Ul-Amin amin-m@is.naist.jp  
 准教授（兼務）：小野 直亮 nono@is.naist.jp  
 客員准教授：佐藤 哲大 tsato@is.naist.jp  
 助教：黄 銘 alex-mhuang@is.naist.jp  
 特任助教：Md. Bozrul Karim bozrul.karim.bz3@is.naist.jp

## 人生は一回だ、やりたいテーマを解こうよ。そして、みんなをびっくりさせよう！

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

とくに言語は問いませんが、簡単なプログラミングの経験があることが望ましいです。

### 研究室の指導方針

新しいテーマに積極的に挑戦し、指導教員と緊密に連携しながら研究を進めます。  
 留学生との交流を重視し、英語能力のアップと学生のグローバルな視野の養成を目指します。

### この研究で身につく能力

生物学から医薬学にいたるバイオ・メディカルインフォマティクスの研究を通じて、研究課題に関係なく、論理的かつ定量的な思考法、および、自分で問題を見つけ出し、解決を模索するという研究の遂行力を身につけることを重視します。最先端の研究を目指すことはもちろん、研究の内容をわかりやすく発表するためのコミュニケーション・プレゼンテーション能力および、科学論文を執筆する能力の向上をも目標とします。

また、基礎的なスキルとしてバイオ・メディカルインフォマティクスにおけるビッグデータを扱うプログラミングと、統計的に解析するスキルを習得し、マシンラーニング、ディープラーニングなどの技術を用いて生物システム、人間の生理的ダイナミクスを理解するアプローチと創造力を身につけることで、ライフ・サイエンス領域の未知の問題において開拓的な研究に取り組む力を養成します。

### 修了生の活躍の場

官公庁、医療機器メーカー、化学メーカー、バイオベンチャー

### 研究内容

私たちの研究室では生物が合成する様々な有機分子である代謝物質の網羅的なデータベースを中心に、ゲノム配列や遺伝子発現を解析する生物情報学、ネットワーク解析学、医療情報学を応用して、生物の理解とヘルスケアへの利用を目指しています。クラスタリング、ランダムフォレスト、ベイズ因子などの統計解析や深層学習を用いた特徴抽出、グラフ理論にもとづくネットワーク分析などを利用し、大規模なデータベースを横断的に解析しています。生物実験というノイズの影響の大きなデータに対して効果的な統計評価の方法を開発し、既存の手法で見つけ出すことが難しかったパターンを発見することを目的としています。現在ラボで研究しているテーマの一部として、例えば次のようなものがあります。

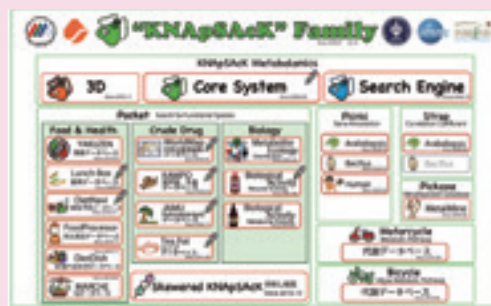


図 1: KNApSAcK DB ホームページ [http://kanaya.naist.jp/KNApSAcK\\_Family/](http://kanaya.naist.jp/KNApSAcK_Family/)

#### (1) 世界の食材及び薬用植物のデータベース構築とその利用法の分析

KNApSAcK Familyデータベースはメタボロミクス研究の分野で世界から高い評価を受けている二次代謝物データベースです。また、漢方薬やインドネシア生薬(Jamu)、などにおけるさまざまな植物の利用のされ方なども蓄積しています(図1)。

#### (2) ネットワーク・クラスタリング手法の研究

ゲノミクス、メタボロミクスなど生命システムに関する網羅的なデータを効率良く分析するため、ネットワーク・クラスタリング手法を開発しています。

#### (3) 肺がんの組織画像の量込みニューラルネットワークによる特徴抽出と遺伝子発現パターンの相関分析

肺がんの治療のためのより詳細な診断の確立を目標に、腫瘍組織の遺伝子発現をサブタイプに分類するクラスタリングの手法を開発するとともに、遺伝子発現の違いが細胞の形状や分布に及ぼす影響を分析するため、深層学習を用いたニューラルネットワークによって組織画像の特徴抽出を行い、腫瘍細胞の示すパターンを解析しています。

#### (4) 非接触的な心電信号により不整脈の検出システムの研究開発

心疾患は、がんについて日本の第二位の疾患であり、年間約20万人が亡くなっています。睡眠時の心電信号計測は、不整脈などの心疾患の早期発見に有用ですが、従来の電極の貼り付けは睡眠時に不向きです。そこで、電極の貼り付けが不要となる無拘束的な心電計測を用いて、睡眠時に連続的に計測する心電信号により、不整脈をリアルタイム的に検出および分類するモニタリングシステムを構築しています。

### 研究設備

計算サーバー、クラスター計算機(共有)

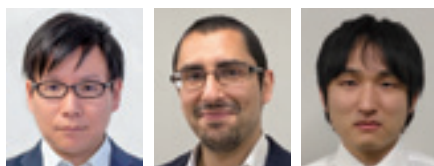
### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- Krogan, Nevan J., et al. "Global landscape of protein complexes in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*." *Nature* 440.7084(2006): 637-643.
- Ohtana, Yuki, et al. "Clustering of 3D-Structure Similarity Based Network of Secondary Metabolites Reveals Their Relationships with Biological Activities." *Molecular informatics* 33.11-12(2014): 790-801.
- Altaf-Ul-Amin, Md, et al. "Systems biology in the context of big data and networks." *BioMed research international* 2014(2014).
- Huang, Ming, et al. "A wearable thermometry for core body temperature measurement and its experimental verification." *IEEE journal of biomedical and health informatics* 21.3(2017): 708-714.



# (テニユア・トラック)ロボットラーニング研究室

<https://sites.google.com/view/naist-robot-learning-jp>



(写真左から)

特任准教授：松原 崇充 takam-m@is.naist.jp

特任助教：Brendan Michael brendan.michael@is.naist.jp

特任助教：鶴峯 義久 tsurumine.yoshihisa.tm6@is.naist.jp

## ロボットを高度に知能化する機械学習・人工知能を極める

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

ロボットラーニング(ロボットのための機械学習)は、機械学習・人工知能やロボット工学、制御工学や信号処理、最適化やメカトロニクスなど、様々な分野の融合領域です。自分の得意分野やスキル・経験(ロボットコンテストやプログラミングコンテスト、工作など)を活かして、独自のアプローチを開拓できる可能性もあります。是非、ロボットラーニング研究に挑戦してください。

### 研究室の指導方針

修士課程では、教員と相談しながら研究課題を設定し、解決方法の探索、数値シミュレーションから実ロボットを用いた実験検証を行います。教員の指導の下で、国際会議発表や英語論文執筆を行い、研究成果を世界に発信することを目指します。博士課程では、意義高い研究課題の発掘から英語論文執筆までを自力で行える自立した研究者への成長をサポートします。

### この研究で身につく能力

ロボットラーニングに関する様々な知識に加えて、実ロボットやセンサ、システムインテグレーションおよびデータ収集コスト感覚など、実世界ロボットラーニングシステム構築に関わる様々なスキルとセンスを身に付けられるように指導します。また、研究活動を通じて、基礎・応用研究の進め方、まとめ方、発表の仕方など、社会で活躍できる技術者・研究者に必要な技能を一通り育成します。海外研究機関との連携・交流・インターンを通じて、海外で活躍する人材を育成します。その他、産学共同研究に参画することで、実践的な技能やセンスを育成します。初学者のために、適宜教科書輪講や最新論文リーディンググループを実施します。

### 修士生の活躍の場

2019年1月に新設された研究室なので修士生は少ないですが、ロボットラーニング分野の人は様々な業界から注目されており、これからの社会に活躍の場は多いと思います。

### 研究内容

人中心環境で活躍するロボットの高度な知覚・判断・行動機能の実現に向けて、機械学習とロボティクスの融合領域であるロボットラーニング技術とその実世界応用に関する研究を進めています。確率・統計やベイズ理論、ガウス過程や深層学習を用いたロボット応用向けの強化学習アルゴリズム設計から、最先端ロボット設備(Nextage, Baxter, UR5, OP3 Humanoidなど)を用いた次世代産業用ロボットや福祉・介護用支援ロボットの实用技術および産学共同研究を通じた機械学習・人工知能の社会実装にも挑戦しています。

キーワード：強化学習、深層強化学習、模倣(見まね)学習、人口ロボット協調作業、人支援ロボット



図1 ガウス過程に基づく物体探索



図2 深層強化学習による布操作獲得



図3 触覚センシングに基づく形状確率モデリング

### 代表的な研究業績

(原著論文)

- Y. Tsurumine et al.: "Deep reinforcement learning with smooth policy update: Application to robotic cloth manipulation," *Robotics and Autonomous Systems* (2019)
- Y. Cui et al.: "Environment-adaptive Interaction Primitives through Visual Context for Human-Robot Motor Skill Learning," *Autonomous Robots* (2018)
- Y. Cui et al.: "Kernel Dynamic Policy Programming: Applicable Reinforcement Learning to Robot Systems with High Dimensional States," *Neural Networks* (2017)
- T. Matsubara et al.: "Spatio-Temporal Synchronization of Biped Walking Patterns with Multiple External Inputs by Style-Phase Adaptation," *Biological Cybernetics* (2015)
- T. Matsubara et al.: "Latent Kullback Leibler Control for Continuous-State Systems using Probabilistic Graphical Models," *The 30th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence* (2014)
- T. Matsubara et al.: "Bilinear Modeling of EMG Signals to Extract User-Independent Features for Multi-User Myoelectric Interface," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* (2013)

- T. Matsubara et al.: "Learning Parametric Dynamic Movement Primitives from Multiple Demonstrations," *Neural Networks* (2011)

(解説記事)

- 松原崇充: ガウス過程に基づくロボットの運動制御・学習-解析的モーメントマッチングによる近似推論, システム制御情報学会誌, Vol. 60, No. 12, pp. 515-520, 2016.
- 松原崇充: 確率最適制御の近年の動向-確率推論による解法, システム制御情報学会誌, Vol. 59, No. 10, pp. 369-374, 2015.
- 国プロ等
  - NEDO 人と共に進化する次世代人工知能に関する技術開発事業
  - NEDO 戦略的イノベーション創造プログラム
  - JST 未来社会創造事業
- 科学研究費補助金
  - 若手研究A (H28-30)、卓越研究員補助金 (H30-31)
- 企業共同研究
  - 横河電機、東芝、古野電気、日立造船、豊田中央研究所、オムロンサイニックエックス、本田技研
- 連携・協力
  - ATR、産業技術総合研究所、信州大学、立命館大学、関西大学、大阪大学、東北大学、シドニー工科大学(豪)、ラドバウド大学(蘭)、カールスルーエ工科大学(独)、エディンバラ大学(英) など

# コミュニケーション学研究室

(NTTコミュニケーション科学基礎研究所)

http://www.kecl.ntt.co.jp/rps/index.html



(写真左から)

客員教授：岩田 具治 tomoharu.iwata.gy@hco.ntt.co.jp

客員准教授：田中 佑典 yusuke.tanaka.rh@hco.ntt.co.jp

## データを通じて実世界を解釈するための数理モデルとアルゴリズムを創出しよう

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

機械学習に関連するものとして、確率統計、線形代数、微分に関する知識と、考案したアルゴリズムを実装するためのプログラミング、ツール活用能力が望まれます。

### 研究室の指導方針

入学後の修士1年生の前半では、授業で基礎的な学力を身につけ、上記記載の必要な知識・能力を強化すると共に、実データに既存の機械学習手法を適用して技術を活用する能力を身につけます。その後、オリジナル性のある研究テーマを設定し、モデル考案→アルゴリズムの実装→実データによる検証のサイクルを繰り返して、成果の完成度を高めていきます。最終的には、世界的に注目される主要国際会議での論文採録を目指します。

### この研究で身につく能力

- ・近年幅広く用いられるようになった機械学習やディープラーニングを使いこなす能力。
- ・多種多様なデータを分析し、自分自身および第三者がそのデータの背後で起こった状況を把握できるようにする能力。
- ・世の中の事象を統計的に捉え、不確実性やランダム性がある中でも、将来の状況を予測したり、適切な施策を考案し実施する能力。
- ・機械学習やデータ分析手法を発展させ、新たな技術を開発したり、新領域に適用する能力。

### 修了生の活躍の場

情報通信産業、インターネットサービス産業、大学教職員、など

### 研究内容

インターネット上にある、あるいは実世界からセンサを通じて得られる多種多様なデータから、有益な情報を知識として抽出する機械学習およびデータマイニング技術に関する基礎研究を行っています。

今日我々が入手できるデータの量は非常に膨大で、またノイズも多く、人間が通り目を通して内容を理解し解釈する、という限界をはるかに超えています。従って、そのような膨大なデータを自動的に解析・解釈する方法が必要とされています。具体的には、以下のテーマに取り組んでいます。

#### ・潜在トピック抽出技術

多様な大規模データに内在する隠れた構造(トピック)を抽出するための手法であるトピックモデルとその拡張の研究を行っています。トピックモデルは文書が生成される過程を表現した確率モデルです。トピックモデルを拡張し、可視化や推薦システム、購買ログ解析などへの適用を進めています。またディープラーニング、カーネル法を組み込むことにより、複雑なデータから隠れた構造を抽出することにも取り組んでいます。



#### ・時間変化する関係データの解析・クラスターリング技術

ソーシャルネットワーク上の友人関係や企業間の取引関係など、時間とともに変化する「関係」の情報を対象として、関係ネットワークに潜むコミュニティクラスターの発見や関係の時間変化を追跡する技術を研究しています。また、ノイズが多く含まれる関係データであっても有用なクラスターを発見するための研究も行っています。



#### ・ソーシャルネットワーク上の情報伝播解析

ニュースや噂、評判情報はソーシャルネットワークを介して伝播します。この現象を確率モデルで表現し、将来のトレンド予測や潜在的な影響関係の推定の研究を行っています。



#### ・時空間データ解析

センサ技術の発展とともに、気象、交通など様々な時空間データが容易に得られるようになってきています。非負値行列分解、ディープラーニング、ガウス過程などの技術を活用し、時間的・空間的に変化するデータから将来を予測したり、価値ある情報を抽出するための研究を行っています。



#### ・センサを用いた実世界マイニング

加速度センサ、照度センサ、GPS、カメラ、マイクロホンなど様々なセンシングデバイスを用いて実世界の状況を観測し解釈して、人間にとって分かりやすい形式で提示するなどのセンサ情報処理に関する研究を行っています。

### 研究設備

計算機サーバ(マルチコアCPU、GPGPUボード搭載)

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

■岩田具治, 2015. トピックモデル(機械学習プロフェッショナルシリーズ).

■Yoshikawa, Y., Iwata, T. and Sawada, H., 2014. Latent support measure machines for bag-of-words data classification. In Advances in Neural Information Processing Systems (pp. 1961-1969).

■Iwata, T., Shah, A. and Ghahramani, Z., 2013. August. Discovering latent influence in online social activities via shared cascade poisson processes. In Proceedings of the 19th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining (pp. 266-274). ACM.

■Sawada, H., Kameoka, H., Araki, S. and Ueda, N., 2013. Multichannel extensions of non-negative matrix factorization with complex-valued data. IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 21(6), pp.971-982.

# 計算神経科学研究室

(国際電気通信基礎技術研究所)

http://www.cns.atr.jp/cns-naist/



(写真左から)

客員教授：川鍋 一晃 kawanabe@atr.jp

客員教授：田中 沙織 xsaori@atr.jp

## 計算論的神経科学の拠点ATRにおける最先端の脳研究を大胆に展開

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

データ解析に関する知識・matlab程度のプログラムスキルがあることが望ましい(必須ではない)。

### 研究室の指導方針

本研究室では、脳機能の情報処理の観点からの解明と、それに基づく新たな機械知能(人工知能)の実現を目指し、ブレイン・デコーディング、ブレイン・マシン・インタフェース、ニューロフィードバック、ロボット学習などの方法論をもとに最新の機械学習手法を駆使した計算論的神経科学の研究・教育を行います。

### この研究で身につく能力

計算論的神経科学の観点からの脳情報解析技術、機械学習などの人工知能技術、ブレインマシンインタフェース技術、ヒューマノイドロボットおよびアシストロボット制御技術の習得。

### 修了生の活躍の場

国内外大学、国立研究開発法人(産業技術総合研究所など)、総務省、企業(IBM、日立製作所、日本電気、サイバーエージェント、バンダイナムコ、島津製作所、パナソニックなど)

### 研究内容

感覚、運動、コミュニケーション、情動、言語など多岐にわたる脳機能を理解するために、神経生理学、心理学、脳活動非侵襲計測、ロボティクスなど実験的な手法を、計算論的な枠組みで有機的に統合します。

#### 機械知能のロボット応用

人間がどのように行動決定し、自らの身体を制御しているのかという問題は、いずれも目的指向の意思決定問題として強化学習および制御理論を用いて数理的に捉えることができます。人間・ロボットの協調動作学習を応用例として、データ駆動で最適制御則を導く強化学習理論を背景とした機械知能の研究開発を行います。

#### 認知機能の解明と操作

脳は巨大な情報ネットワークと見なせます。記憶や思考などの認知機能と脳内ネットワークの関係を解明、ニューロフィードバックなどの手法を用いて、ネットワークを操作し、加齢や脳疾患によって低下した認知機能を回復させる方法を開発しています。

#### 実環境ブレイン・マシン・インタフェース

日常的な環境下の脳活動を計測して、ストレスや共感などの情動状態を推測する手法を開発します。これにより自然な状態での認知機能の神経基盤に迫ると共に、人材育成などへの脳科学の応用を目指します。

#### 脳のダイナミクスモデル

本研究室では、複数の脳計測データを統合する手法の研究を行っています。各々のデータの長所を活かすことにより、1つの計測では達成できない脳情報の抽出やモデル化を目指します。当研究室で開発された手法は、ソースコードを公開することにより、国内外のプロジェクト推進に大きく貢献しています。

#### 脳活動フィードバック

数理統計技術でfMRI信号の空間パターンを解析し、被験者に実時間でフィードバックすることにより、目標の活動パターンを誘導する方法を用いて、疾患のメカニズムの解明および治療方法の開発を目指します。

#### 意思決定の数理モデル

人間の意思決定のメカニズムを解明するために、脳の計算論に基づいた実験手法や解析手法の研究・開発を行っています。また研究で得られた知見を、精神医学分野や社会経済分野など広く社会へ応用していくことを目指します。

#### BMI外骨格ロボット

運動アシストや産業用途などにおいて、今ロボットが人間と物理的に近いところで協働することが期待されています。そのためには、ヒトとロボットが相互にかつ適応的に協調する共制御の枠組みが必要となります。ブレイン・マシン・インタフェース(BMI)を用いる外骨格ロボットへの応用にむけた、共通制御の枠組みの研究開発を行います。



### 研究設備

- ・脳活動計測環境
- ・fMRI装置、MEG装置、脳波計(EEG)、近赤外線分光装置(NIRS)
- ・ロボット実験環境
- ・ヒューマノイドロボット、上肢外骨格ロボット、下肢外骨格ロボット
- ・大型実験設備
- ・BMIハウス

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- ・川鍋：理化学研究所革新知能統合研究センター・チームリーダー
- ・森本：IEEE Robotics and Automation Society 会員



# ヒューマンウェア工学研究室

(パナソニック株式会社)



(写真左から)

客員教授：佐藤 佳州 sato.yoshikuni@jp.panasonic.com

客員准教授：岡田 雅司 okada.masashi001@jp.panasonic.com

## センシングと人工知能の組み合わせによる、新たなソリューション創出を目指す研究を行います。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

研究対象に関する知識として、ステレオマッチング、ライトフィールドカメラ等のコンピュータビジョンに関する知識、ベクトル解析、フーリエ解析、凸最適化、統計解析等の数学の知識、レンズ、ミラー等の光学系に関する知識のうち、少なくとも一つ。研究を進めるための能力として、プログラミング、データ解析、資料作成の能力。

### 研究室の指導方針

課題解決能力だけでなく課題設定能力の重要性に気づき、自立かつ自律した研究者の育成を目指します。

### この研究で身につく能力

アルゴリズム開発だけにとどまらず、センシングと知識処理の融合によりトータルシステムで最高性能を実現するシステム構築能力を身に付け、あわせて学会発表等で必要となるプレゼンテーション能力も身に付けられます。

### 修了生の活躍の場

電機メーカー等

### 研究内容

近年の人工知能技術の急速な進歩を受け、各種センサデータと知識処理の組み合わせによる新しいシステム・アプリケーションの実用化が進みつつあります。本研究室では、センサデータからの効率的な情報抽出技術に取り組み、車載や監視向けの人物検出や車等の物体検出、また、高齢者向け介護支援技術を実現する研究を行います。

#### (1) センシング技術と人工知能の組み合わせによる生体情報分析技術

近年の高齢化に伴い、寝たきりの予防や、介護の負担軽減が社会的な課題となっています。一方で、介護の現場では、高齢者の状態を見守るセンサの導入や電子的な介護記録システムが受け入れられつつある状況にあります。本研究室では、介護・医療施設と連携のもと、センシングと人工知能を用い、高齢者の状態予測に基づいた効果的・効率的な介護支援の実現を目的とした研究を行います。

具体的には、(i) センサ情報から高齢者の運動・認知機能の定量評価、(ii) 高齢者の状態把握に基づいたケアプランの作成・改善支援といった取り組みを行います。これらの技術によって、従来人間の感覚に頼っていた高齢者の状態把握を定量的に行い、介護度の維持・改善に適した方法を導き出す支援を実現することを目的としています。

#### (2) マルチモーダル入力による認識性能の向上に関する研究

近年進歩が著しい深層学習に対し、その性能をさらに高めるためにマルチモーダル入力が期待されています。マルチモーダル入力の一例として、2次元的な画像に加えて奥行き情報を入力することにより、認識性能を高めることに取り組みます。具体的には、コンピュータショナルフォトグラフィの枠組みにより、ライトフィールドカメラ、多視点カメラ、マルチピンホールカメラ等によって2次元的な画像の入力と同時に奥行き情報を取得し、これらの入力を認識処理することにより認識性能の向上を図ります。

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- Satoshi Sato, Nobuhiko Wakai, Kunio Nobori, Takeo Azuma, Takamichi Miyata, Makoto Nakashizuka: Compressive color sensing using random complementary color filter array. IAPR MVA 2017: 43-46 (2017).
- Satoshi Sato, Motonori Ishii, Yoshihisa Kato, Kunio Nobori, Takeo Azuma: Compressive Sensing Reconstruction Using Collaborative Sparsity among Color Channels. IAPR MVA2015(International Association of Pattern Recognition, Machine Vision Application) Tokyo, Japan, May 21, (2015).
- 澤田好秀, 佐藤佳州, 中田透, 氏本慧, 林宣宏: 深層学習に基づく転移学習を用いたたんばく質解析による敗血症識別, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J100-D, No. 8, pp. 733-741, 2017.
- 佐藤佳州, 高橋大介: 対局に基づいた教師データの重要度の学習, 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 11, pp. 2399-2409, 2014.

# シンビオティックシステム研究室

(日本電気株式会社)

<http://jpn.nec.com/rd/>



(写真左から)

客員教授：石山 壘 r-ishiyama@nec.com

客員准教授：宮野 博義 h-miyano@nec.com

## 実世界の状況や変化を高速リアルタイム（高時間分解能）かつ緻密（高解像度）に理解し、人とAIとが共生する社会を実現

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

- ・基本的な数学の能力（線形代数、統計解析など）
- ・基本的なプログラミング能力
- ・カメラでの撮影・PCでの画像処理などコンピュータビジョンに関わる経験

### 研究室の指導方針

本研究室では、実社会のさまざまな現場で生じている課題解決に向けて、画像認識を主体とした各種認識技術を育成します。有用な技術を開発していくために、企業メンバーと課題解決だけでなく課題設定まで含めて定期的な議論を進めます。課題解決に際しては、認識技術開発以外の観点も広く知ることが有用であるため、学生の主体性を尊重しながら、他の研究テーマを持つ研究者との議論の場を提供するなど、視野を広げる機会もあわせて提供していきます。

### この研究で身につく能力

主に画像認識・深層学習を主体とした研究に携わることになるため、近年進歩が著しい当分野に関する最新動向や具体的な活用スキル、既存手法の限界・技術課題を把握・理解することができます。また、課題解決能力だけでなく、企業のメンバーとの定期的な議論を通じ、課題設定能力やプレゼンテーション能力の獲得を期待します。

### 修了生の活躍の場

IT企業、電機メーカー、カメラメーカー、ソフトウェア会社など

### 研究内容

人と機械（AI）の共生を実現するために、特にさまざまな人やモノが行き交う実世界を、カメラなどのセンサを用いてリアルタイム・緻密に認識・理解する技術について研究・教育します。

近年、深層学習を主体とした技術革新により、特に画像認識を中心としてAIの能力は飛躍的に高まり、防犯カメラ映像のリアルタイム解析や工場での検査・ロボティクスなど、様々な用途への活用が期待されています。しかし、今のAIは、事前に大量の学習データと利用する現場に応じた多大な調整作業が必要であるため、時々刻々と変化する様々な実環境において十分適用できないなど、いままなお多くの課題が残されています。また、より高度な認識タスクを実現するためにも、よりリアルタイム・緻密なデータを取得するセンシング技術がカギとなります。

環境の変化への適応には、実世界の状況変化を今まで以上にリアルタイム・精緻にとらえることが有用です。特に多くの深層学習が対象とする空間方向主体の解析だけでなく時間方向について稠密な解析・理解ができれば、変化をより確実に捉えられ、多様な環境にも容易に適応できると期待されます。具体的には、本研究室では以下のテーマを中心に活動しますが、それ以外にも深層学習自体の改善など画像認識を主体とした認識技術全般を幅広く取り組みます。

#### 1) 高速ビジョン

従来、多くの画像認識研究は30fps（1秒に30枚の画像を撮影）を想定していますが、高速カメラを用いてさらに時間方向に細かく（100fps～1000fps）データを採取することで、高速に移動する物体でも移動を遮ることなく確実に追跡・状態把握することや、物体の微少な振動状態まで解析するなど、実世界をより深く理解することを目指します。このような高速カメラ活用型の認識技術により、例えばものづくりの現場で、多品種少量生産で多様なモノを扱う場合でも、製造の途中で対象を止めずそれぞれに応じた検査を行う高速検査が実現できます。

#### 2) 個品認証

モノの表面に存在する微細な特徴（物体指紋）をカメラで撮影・解析することで、均一に製造された工業製品であってもそのひとつひとつを識別し、真贋を確認することも可能になります。このような微細な画像認識技術により、実世界のあらゆるモノを個品単位で識別・追跡し、真贋も認証できるようにすることを目指します。これにより、例えばものづくりの現場で生産効率や製品・部品の性能を最適化したり、モノの流通から使用に至る効率化やセキュリティを実現できます。

### 研究設備

深層学習の研究を円滑に遂行するためのGPUサーバ環境や、データ取得のために必要となる撮影機材（高速カメラ、照明など）

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

東大や理研AIPなど、さまざまな研究機関との共同研究も並行して実施しながら、基盤技術の強化をすすめています。



# 次世代モバイル通信研究室

(株式会社NTTドコモ)

<http://isw3.naist.jp/Contents/Research/cl-05-ja.html>



(写真左から)  
客員教授：奥村 幸彦  
客員准教授：須山 聡

## 超高速・大容量データ通信を実現する次世代モバイル通信システム

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

ワイヤレス通信／モバイル通信システムに用いられる技術（アンテナ、デジタル変復調、マルチユーザ多元接続等）に関する基礎知識を有していることに加えて、計算機による実験データ処理・シミュレーション等のためのプログラミング能力を有していることが望ましい（プログラミング言語は問いません）。

### 研究室の指導方針

次世代モバイル通信システムを対象に、ミリ波帯電波伝搬の解明や高度MIMO伝送の性能評価等を通して新技術確立に向けた研究スキルを養うとともに、研究成果を国際会議や研究会等へ積極的に外部発表する活動を通してプレゼンテーション能力、原稿・論文作成能力を養います。さらに、関連する各種実験・トライアル等の実践的な取り組みについても経験出来るようにします。

### この研究で身につく能力

高周波技術・ワイヤレス通信技術分野における専門的知識や実験スキルを修得しつつ、最新のモバイル通信システムに対する理解が深められることで、就職後に即戦力となる当該分野における研究開発力、将来のモバイル通信サービス・ビジネスモデルに対する提案力等を身に付けることが可能です。

### 修了生の活躍の場

電機メーカー、電気通信事業者（携帯電話会社他）をはじめとして、次世代モバイル通信サービスを事業に活用しようと考えている様々な業界（放送、自動車、鉄道、観光など）への就職が想定されます。

### 研究内容

現在、2020年以降の実現を目指し、全ての「もの」が無線でつながり、多種多様なアプリケーション・サービスをサポート可能な、次世代移動通信システム“5G”の検討が精力的に進められています。5Gにおいては、周波数利用効率の向上、周波数帯の拡張、ネットワークの高密度化をさらに進めますが、その核となる技術のひとつにミリ波（周波数30GHz以上）の利用技術があります。

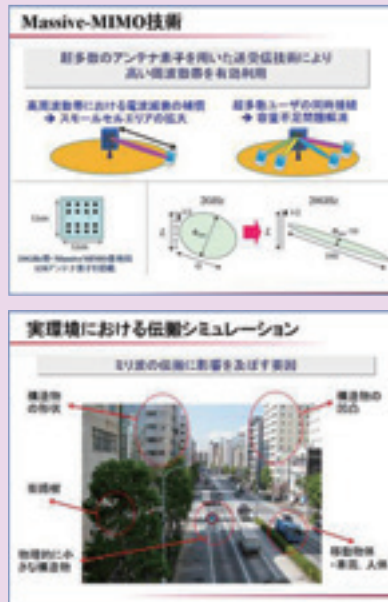
本研究室では、ミリ波の電波伝搬特性を実環境における測定と計算機シミュレーションより解明するとともに、その結果を基に超高速・大容量データ伝送を実現する高度MIMO伝送技術の性能を評価出来るようにします。

#### ●ミリ波伝搬特性の解明とMassive-MIMO技術の評価

Massive-MIMO技術は超多数のアンテナ素子を用いることで超高速・大容量データ伝送を図るものです。この技術はアンテナの設置スペースが大きな課題でしたが、波長の短いミリ波を前提とすることで実用化が現実的なものとなってきました。例えば、同じ面積であれば、周波数を3GHzから30GHzにすることで設置可能なアンテナ素子は100倍になります。一方、距離に対する減衰が大きなミリ波にとっても、アンテナ利得が大幅に向上するMassive-MIMO技術は適していると言えます。このようにMassive-MIMO技術はミリ波と親和性が高いのですが、実際の環境でどれくらいのパフォーマンスが得られるかはミリ波の伝搬する振る舞いに大きく左右されます。ここでは、ミリ波の伝搬特性、特に伝搬経路の空間分布を測定と計算機シミュレーションを駆使して明らかにする研究を行います。また、その結果を基にMassive-MIMO技術のパフォーマンス評価も行います。

#### ●ミリ波伝搬シミュレーション技術

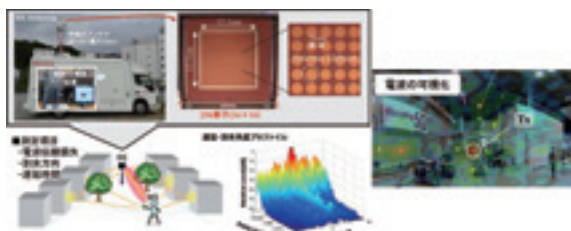
2GHz以下の伝搬シミュレーションには一般的に幾何光学近似に基づくレイトラッキング法が用いられます。しかし、ミリ波では物体表面の凹凸に起因する拡散散乱成分が大きくなることから、鏡面反射成分しか考慮できないレイトラッキング法では十分なシミュレーション精度が得られなくなります。一方で、拡散散乱成分を扱えるシミュレーション法であっても、計算に数日かかるようでは現実的ではありません。また、表面凹凸の情報を持つ高精細な構造物データをどのように取得するかも課題です。ここでは、効率的でかつ高精度なミリ波伝搬シミュレーションの手法を研究していきます。



### 研究設備

電波伝搬の基本研究に必要な計算機、測定機器（ベクトルチャネルサウンダ※、電界強度計、RF送受信機、各種アンテナ他）および電波暗室（電波無響室）などが利用できます。

※ベクトルチャネルサウンダ：受信局に到来する電波を遅延時間と到来角度で分離受信することのできる測定器で、最先端の伝搬研究をするには必須のアイテムです。本研究室では、2GHz～60GHzまでのベクトルチャネルサウンダを利用することができます。特に、20GHz帯のサウンダは電波を可視化するソフトを有していることから、目に見えない電波がどのような場所から到来してくるのかをリアルタイムで確認することができます。



# 光センシング研究室 (オムロン株式会社)



(写真左から)  
客員教授：諏訪 正樹 masaki.suwa@omron.com  
客員准教授：井尻 善久 yoshihisa.ijiri@omron.com

## 生物の視覚機能に迫るビジョンセンシング

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

- ・数学の基礎的な知識（線形代数、関数論、統計学など）
- ・信号処理、機械学習などの基礎的な知識
- ・プログラミングスキル（C++、Python、Matlabなど）

### 研究室の指導方針

企業の研究室ということもあり、指導学生数は1~2名となる。その分、マンツーマンでの議論や企業の研究所のメンバーとの議論の機会を多くとるようにしている。また研究テーマの課題設定については、できるだけ現場に近いリアルなもの、あるいは未来視点からの社会課題にもとづいて選ぶようにしている。

自分の研究成果が製品に採用され世の中に出ることが楽しみな人、企業の研究開発のプロセスを一足早く経験したい人、画像センシングなど人の視覚機能に関わる研究に関心のある人にはなじみやすい環境です。

### この研究で身につく能力

企業での将来的な商品化を意識した研究テーマ設定をおこなうため、研究を通じて①課題設定力②コンセプト立案力③アルゴリズム設計力④実運用を考慮した性能評価の方法論構築などの能力向上が期待できる。また画像センシングという物理（光学）、信号処理、コンピュータビジョン、機械学習、塗装と横断的な技術から構成されるという性質上、広い視点で技術を俯瞰する能力を身につける機会に多く触れることができる。

### 修了生の活躍の場

これまでの実績でいうと、ソフトウェア会社、カメラメーカ、精密機器メーカなど企業の研究開発職。

### 研究内容

新しいイメージング技術の創出や、画像処理による文字などのパターンや人などの物体認識、あるいは人間の行動や動作の認識などを中心に、人間の視覚機能に迫る画像センシングの研究を、入力系およびアルゴリズムの融合を軸におこなう。主な研究テーマの候補は以下のとおりであるが、これに限らずモビリティ領域など画像センシングに関するテーマを広範囲で取り扱う。

#### FA（ファクトリーオートメーション）向けの画像センシング技術

画像センシングはものづくりの現場にかなり浸透しているものの、少子高齢化社会における人手不足や後継者不足などの課題に紐づく様々な技術課題が残っている。特に本研究室でとりあげるのはロボットビジョンに関する研究や文字マークの検出・認識に関する研究である。

#### (1) ロボットビジョン

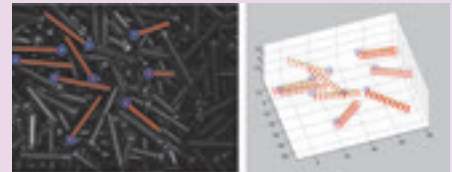
ロボットによるものづくり工程では、「ものをつかむ」「ものを嵌め込む」「工具を使う」など繊細な制御が求められる。制御に必要な情報を入力するための画像センシングでは、対象の特性（形状や材質）を計測するセンサや、状態（位置姿勢など）を推定するアルゴリズムの進化が不可欠である。本研究室ではこれらの技術に関して実用化を念頭に置いた研究テーマを設定する。例えば、3D計測の原理に関する基礎研究や対象の反射特性を考慮した形状計測手法の確立、あるいは3Dデータを用いた物体の高速位置姿勢検出アルゴリズムの確立などである。

#### (2) 文字マークの検出・認識

製品に印字されている文字・マークを、画像センシングにより自動で検出・認識する技術はすでに実用化が進んでいるものの、印字の方法などによっては技術課題が山積みである。例えばコストや運用面の観点からドットマトリクスで構成されるドット文字がFAでは頻りに利用される。しかしながら、このドット文字の検出・認識の自動化は技術的難易度が高く、ユーザーに対して文字領域の選択などを手動で操作させる機能が不可欠であるのが実情である。ユーザーによる操作を減らし、入力画像から自動でドット文字を抽出するシステムがあれば産業界にも大きな貢献となる。本研究室では、このような文字・マークの検出認識に関する基盤技術の構築を目指す。

#### (3) 画像センシングに必要なAI技術の基盤構築

また本研究室では、前述の画像センシング技術構築の土台となるAI技術（機械学習や強化学習）の基礎研究もおこなう。具体的には、これまで専門家の手が必要であったセンシングに関する設定・調整をできるだけなくすためのアルゴリズム開発などを想定している。



### 研究設備

独自のネットワーク環境および計算機群  
画像データ収集設備（暗室、各種照明装置など）  
大量画像データベース  
距離計測評価装置  
3D画像処理装置  
カメラ評価装置

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

中国の清華大学、上海交通大学などと共同研究を実施



# 生体分子情報学研究室

(国立研究開発法人産業技術総合研究所)



(写真左から)  
客員教授：富井 健太郎 k-tomii@aist.go.jp  
客員教授：福井 一彦 k-fukui@aist.go.jp

## バイオインフォマティクスで生命科学の謎を解き明かす

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

生物学が計算機かどちらかが好きであることが必要です。いくら取り組んでも苦にならないと思えることです。研究を始めるには大学教養程度の生物学の知識は必要ですが、新しい学術知識・計算機技術を研究と並行して常に勉強していきます。そのため、大学院という場で研究に挑戦しようとする強い決意によって、自分の能力を引き出していただきます。研究室内外の仲間や先輩、先生方と議論しながら自分の研究スタイルを確立してゆきます。

### 研究室の指導方針

1つのテーマを持って研究に取り組む事を通じて、様々な問題解決を体験しながら配属した研究所での研究活動に参加します。技術職として将来発生する新しい問題を解決できる力をつけていただきます。与えられた状況下で、専門知識を元に物事の本質をつかみ、様々な問題解決に取り組む人材育成を目指します。

### この研究で身につく能力

ゲノムデータベース、タンパク質の分子メカニズム、分子動力学による分子機能の解析、プログラミング技術、システムエンジニアリングの方法論等の技術的な知識の習得が可能です。

研究開発やプレゼンテーションだけでなく、新しい科学技術に携わる企画や営業における様々な問題解決に立ち向かうことのできる技術職としての総合的な力をつけていきます。

### 修了生の活躍の場

各種製造業の研究開発、システムズエンジニア、ソフトウェア開発、営業職、大学および研究所職員、など様々です。

### 研究内容

タンパク質など生体分子の機能とそのメカニズムを探るための、バイオインフォマティクスの手法開発を進めています。大規模計算機を活用した網羅的な探索、さらに実験的データにある情報の欠損を補う解析法の開発など、情報工学的な手法で生命科学における知識発見を目指します。

実験的に機能が解析された分子の立体構造から仕組みを理解するために、分子力場によるシミュレーションが必要です。標的分子の機能を探るため、各種分子生物学的データベースにある関連情報を活用します。情報科学によって実験データにある情報をより深く捕らえる手法を研究します。

#### システム数理情報統合基盤の開発

大規模計測データからオミックス関連データを抽出し、分子プロファイリング技術により標的薬剤候補の探索やドラッグリポジショニングに繋がる研究を試みます。またデータをより効果的に利用するため、データと解析要素技術を柔軟に組み合わせ可能とするワークフロー解析基盤の構築に取り組み、セマンティック技術を用いた知識発見を進めています。

#### タンパク質複合体の相互作用シミュレーション

タンパク質同士または核酸や低分子との複合体における分子認識メカニズムを探るため、複合体の分子動力学および量子化学計算から相互作用を解析します。PDB立体構造データベースに見られる相互作用を網羅的に探索した相互作用の統計をもとに、標的分子とのドッキング予測を試みます。

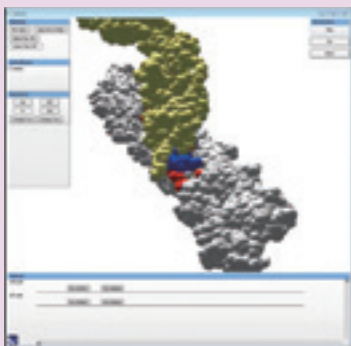


図3: 物理演算エンジンを利用したタンパク質複合体アニメーションソフトウェアの開発手法(2013年度修論) グラフィカルなユーザーインターフェイスで分子間相互作用をリアルタイムに検証するソフトウェアを開発した。

#### 低温電子顕微鏡画像に基づく立体構造解析

タンパク質などの低温電子顕微鏡画像を利用した正確な立体構造モデリングを行うためのデータ解析技術の開発とその応用を行います。

#### 生体分子の構造・機能推定

蓄積の進む生体分子情報に関するデータを利用したタンパク質などの未知立体構造や機能の推定を行うための技術の開発とその応用を行います。

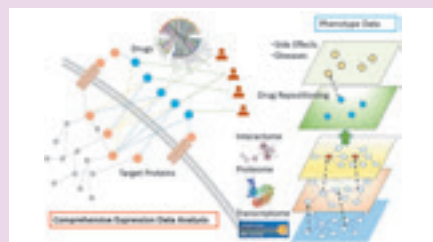


図1: オミックス解析によるドラッグリポジショニングの例

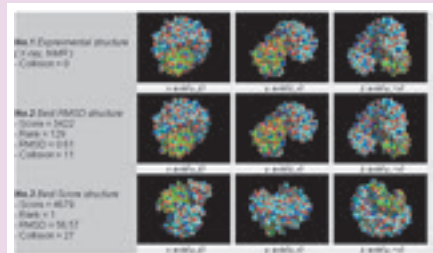


図2: タンパク質-タンパク質のドッキング予測計算の例

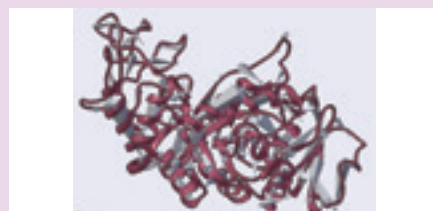


図4: 分子アニメーションのための基準振動解析に基づいた動的呼称モデルの開発(2014年度修論) 骨格アニメーション(リキング)で分子の揺らぎを表示する手法を提案した。

### 研究環境

本研究室は、平成12年より継続する国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命情報科学研究センターとの連携活動を中心に展開してきました。東京大学や早稲田大学の連携研究室も併設され、国内外のバイオインフォマティクス、AI、計測実験などの幅広い分野をカバーした研究者によるセミナーなど、センター内外の研究者との交流の場があります。

### 研究設備

産業技術総合研究所内の大規模計算機  
力覚フィードバック6自由度入力装置(Geomagic社製)



# デジタルヒューマン学研究室

(国立研究開発法人産業技術総合研究所)

https://www.airc.aist.go.jp/dhrt/ https://unit.aist.go.jp/harc/



(写真左から)  
客員教授：多田 充徳  
客員教授：堂前 幸康  
客員准教授：村井 昭彦

## デジタルヒューマンが組み込まれたスマート社会を実現します！

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

運動計測装置のオペレーションから、解析プログラムの作成まで幅広い知識が必要となりますが、いずれも研究活動を通じて習得可能です。重要なのは研究に対するモチベーションです。知的好奇心がある方であれば、どなたでも歓迎します。

### 研究室の指導方針

新たなデータを計測するための実験デザイン、計測したデータを力学的・統計的に解釈するための理論構築、そして力学的・統計的モデルを活用するためのアプリケーション実装を3つの柱として、身体機能モデル(デジタルヒューマンモデル)の構築とその社会実装を目指します。3つの柱を全て経験するのが理想ですが、当人の興味や資質に応じて一部だけを重点的に研究することも可能です。部位については全身、手、そして足、対象については形状、運動、感覚、そして制御など、様々な研究が想定されます。いずれを選択しても「研究成果が活用されること」を念頭に、社会実装を見据えた研究指導を行っています。

### この研究で身につく能力

身体機能の基礎(生理と解剖、運動と力学、心理と認知など)、身体機能の計測方法(寸法と形状、筋活動と関節運動、知覚と認知など)。そしてデジタルヒューマンモデル構築のための数理学(形状のモデル化に必要な幾何学と画像処理、運動のモデル化に必要な運動学と動力学、認知・行動のモデル化に必要な統計学など)が実験デザインと理論構築に必要な基礎知識です。また、デジタルヒューマンモデルを活用するためのセンサデバイスやソフトウェア開発能力がアプリケーション実装に必要な応用知識です。研究活動を通じてこのような幅広い基礎・応用知識が習得できます。また、自身で実験デザイン、理論構築、そしてアプリケーション実装のループを回すことで、さまざまな問題に対処するための構想力と実行力が身につきます。

### 修了生の活躍の場

自動車メーカー、電機メーカー、そしてスポーツ用具メーカーなど、デジタルヒューマン学研究室の修了生は様々な業種で活躍しています。必ずしもデジタルヒューマンモデルに関する仕事に従事しているわけではありませんが、本研究室で身につけた構想力と実行力が遺憾無く発揮されています。

### 研究内容

デジタルヒューマン学研究室は、東京(お台場)にある産業技術総合研究所・臨海副都心センターにラボを構える人工知能研究センター・デジタルヒューマン研究チーム内にあります。当グループでは2001年の設立以来、デジタルヒューマンモデルの構築とその社会実装を目指して、国内外の研究者や近隣大学からの技術研修生を含む総勢30名程度で研究を進めています。未来の情報化社会では、システムが生活者の身体状態を理解し、個人に対してスマートな支援を行うことが求められます。そして、これを実現するには、身体機能を記述するためのデジタルヒューマンモデルを社会に組み込む必要があるからです。

様々な身体部位と身体機能を対象とした研究が行われていますが、近年力を入れている代表的な事例として以下の2つの研究があります。

#### ・IMUセンサと身体寸法・足部接地拘束を用いた自然な運動計測(図1)

全身に貼付した多数のマーカーの位置を、実験室内に設置された専用のカメラで計測する、これが従来の運動計測でした。しかし、この方法では生活者の自然な振る舞いを計測できません。そこで、姿勢を計測するためのIMUセンサと、身体寸法や足部接地のような様々な拘束条件を併用することで、少数のセンサで全身の運動を計測するための技術を研究しています。

#### ・運動表現モデルの構築と運動の変容のシミュレーション(図2)

従来の運動解析では、既に実現されたパフォーマンスを計測し、運動力学解析することで、優れたパフォーマンスの解析やケガのメカニズムの解析を実現してきました。しかし、例えばアスリートの世界記録を超えるパフォーマンスのシミュレーションやその運動解析のように、未だ実現されていないパフォーマンスの解析はできません。そこで、全身詳細デジタルヒューマンモデルとヒトの運動メカニズムをパラメトリックに表現する運動表現モデルを用いた多層運動力学シミュレーションにより、力学的整合性を満たした形で未だ実現されていないパフォーマンスを生成する技術を研究しています。

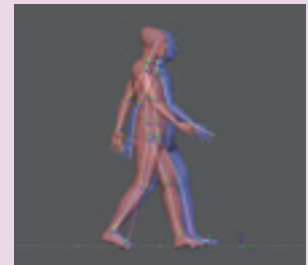


図1: 青が従来の運動計測、赤がIMUセンサを用いた運動計測

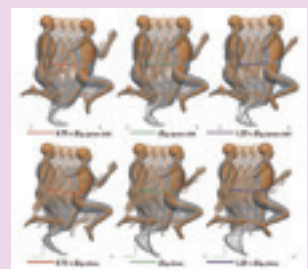


図2: 義足のパラメータを変化させた際の運動の変容のシミュレーション

### 研究設備

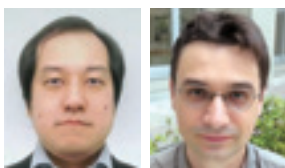
- ・3次元形状スキャナ(足用スキャナ、全身用スキャナ)
- ・モーションキャプチャ(VICONシステム、OptiTrackシステム、Xsensシステム)
- ・ワイヤレス表面筋電計(DELSYS TRIGNOシステム)
- ・床反力計(AMTIシステム)、カセンサ(Leprinoシステム)
- ・トレッドミル
- ・3Dプリンタ
- ・テレビ会議システム

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- ・科学技術振興機構(未来社会創造事業、AIP加速PRISM研究)
- ・エネルギー・産業技術総合開発機構(次世代人工知能技術の社会実装を目指した先導研究)
- ・科学研究費補助金(基盤研究B、基盤研究C)
- ・共同研究(10社以上のメーカー)

# セキュアソフトウェアシステム研究室

(国立研究開発法人産業技術総合研究所)



(写真左から)  
客員教授：大岩 寛  
客員准教授：Affeldt Reynald

**IoTやAIが社会に深く浸透し使われる時代、その安全の基盤となるソフトウェアの安全性や信頼性を深く掘り下げます。**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

- ・大学卒業程度のしっかりした論理学やプログラミングの知識と洞察力。
- ・コンピュータやソフトウェアの動く仕組みについての理解と興味。
- ・コンピュータ・セキュリティについての基本的な知識。

## 研究室の指導方針

まず、それぞれの志向する研究テーマに応じて、必要な情報科学の基礎知識を身につけていただきます。たとえば安全性担保技術については、プログラミング言語理論や形式手法に必要な数学的素養などがそれに当たります。また、計算機アーキテクチャや数理論理学等も、分野によっては知識が必要になります。

下記、研究内容で例示する内容以外でも、ソフトウェアの信頼性・安全性の向上につながるような内容であれば、可能な限り学生の自主的な取り組みを重視します。学位論文のテーマ決定に際しては、相談にはのりますが、最終的には自ら決めていただきます。

## この研究で身につく能力

選んだ研究テーマにもよりますが、研究で必要となるソフトウェアや計算機システムに対する洞察力と分析力は、実際の社会で計算機システムを正しく動かすために必須な能力として、特にIoTやAIなど、また誰も導入していない新しい要素を含み、誰も正しいやり方が分からないシステムを構築する現場で、いわゆるシステムアーキテクトとして活かしていただくことを強く期待しています。また、特に論理検証の分野は国際的な研究が熱い領域でもあり、アカデミアを目指す人は、実際のシステムと最先端の理論を繋ぐ実学を行える人材になることを期待して、研究指導を行っていきます。

## 修生生の活躍の場

実社会志向：ソフトウェアアーキテクト・セキュリティエンジニア

研究者志向：大学・研究所や企業での研究者

## 研究内容

IoTや組込み技術の発展により、計算機ソフトウェアがいわゆる汎用コンピュータだけでなく、自動車、航空機、家電製品、医療機器、工場設備など我々の生活や生命の安全性に直結する機器に組み込まれて使われるようになってきた現代において、システム全体の信頼性を確保することは、きわめて重要な産業上の要請になってきています。また、ソフトウェアの規模が拡大し、複数のシステムが有機的に通信・連携する時代において、利用者がソフトウェアを「見て」安全性を直接確認することが出来ない以上、工学的な手法でシステムチェックに安全なソフトウェアを構築し、さらにその安全性を他人にきちんと説明する根拠立てを作ることが、重要になってきています。本研究室では、ソフトウェアを含むIoTシステムの安全性の担保に必要な技術を研究開発し、産業としての安全なソフトウェア構築手段の体系化を目指します。

### IoTや組込みシステム全体の安全性を担保するための技術

- ▶システム全体を俯瞰したソフトウェアセキュリティアーキテクチャ
- ▶IoTサービスのためのセキュリティアーキテクチャ・基盤システム
- ▶IoT基盤におけるソフトウェアの信頼性担保のための技術

### ソフトウェアの安全性を担保・説明するための基盤技術

- ▶ソフトウェア安全性を論理的に検証する技術（形式検証）
- ▶ソフトウェアの正しさを網羅検査する技術（モデル検査）
- ▶形式的手法に基づくプログラムテスト
- ▶その他、プログラムの意味や安全性を議論するための基礎理論・基盤技術
  - ・プログラムの仕様記述法、数理的技法、形式技法、仕様記述論
  - ・プログラミング言語の理論と実装
  - ・プログラム開発工程の追跡技術

## 研究環境

本研究室は連携研究室ですので、産業技術総合研究所（情報技術研究部門）で研究指導を行います。2年目はつくばセンター（茨城県つくば市）での活動を基本としますが、研究テーマによっては関西センター（大阪府池田市）や臨海副都心センター（東京都江東区）に在籍する研究者も含めて、その分野のエキスパートの支

援を受け、より高度な研究を実現することを目指します。テーマによっては、研究所で進めている産官学連携活動に参加し、企業との共同研究を体験する機会もあります。

優秀な学生に対して、特に博士課程においては、研究所においてRAとして勤務し、具体的な研究業務に有給で携わりながら学位取得を目指す途があります。

# ネットワーク統合運用研究室

(国立研究開発法人情報通信研究機構)

<http://isw3.naist.jp/Contents/Research/cl-11-ja.html> E-mail: [tblab-info@is.naist.jp](mailto:tblab-info@is.naist.jp)



(写真左から)  
客員教授：小林 和真  
客員准教授：河合 栄治

## 新しいネットワークを創る

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

ネットワーク構成法やネットワークプロトコルなど、初歩的な知識があるとスムーズに研究を始めることができます。そうした知識があまりなくても、ネットワーク技術を含め新しい技術に対する尽きない興味を持っていることが大切です。

### 研究室の指導方針

当研究室は、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)と連携する連携研究室NICTでは国内外の専用回線で構成される実証実験環境(テストベッド)ネットワークであるJGNなど、様々な情報通信インフラを実際に構築、運営しています。当研究室での研究開発では、座学に加え、そうした実際の環境に触れ、成果を動作させ検証する実践的なアプローチを取ります。必要に応じて、NICTの本部(東京都小金井市)やテストベッド運用センター(東京都千代田区大手町)においても研究指導を行います。

### この研究で身につく能力

各種ネットワークプロトコルをはじめネットワーク技術についての実学的な知識に加え、情報通信インフラにおける課題解決能力を身につけることができます。既存技術の実装を調査したり拡張したりすることを通じてプログラミング能力も身につきます。近年は情報通信の課題は具体的なアプリケーションサービスに密に関連していることが多いため、アプリケーションサービス提供事業者の動向など、業界全体を俯瞰してインフラの最適化を考える能力も養われます。

### 修了生の活躍の場

IT業界だけでなく、その他の業界でも本研究室での研究開発の経験を生かすことができます。

### 研究内容

本研究室の教員は所属しているNICTにおいて、最先端のネットワークインフラ技術をターゲットに研究開発を進めています。

具体例の一つに、8K映像伝送の取り組みがあります。8K映像は今の4K映像のさらに4倍高精細なもので、将来の実用化が期待されています。この8K映像は、非圧縮の場合はおよそ20Gbpsから144Gbpsもの帯域を消費し(具体的な帯域は映像フォーマットに依存する)、NICTではこの超広帯域な非圧縮8K映像の長距離伝送、セキュリティ確保のための暗号化、複数の100Gbps回線を用いるマルチパス伝送、多地点配信のためのマルチキャスト伝送などを通じて、その中で発生する技術的な課題の解決に向けた取り組みを行っています。

別の例としては、Software Defined Networking (SDN) 技術の取り組みがあります。SDNは、従来はルータやスイッチなどの機器に実装されていたネットワーク制御機能を外部のソフトウェアに実装し、それにより集中制御する仕組みです。NICTでは、このSDN技術の実証を広域で行うことができるRISEテストベッドを構築し、ユーザに提供しています。このテストベッドでは、SDN機能をユーザに提供するのに加え、実証環境のユーザ毎の論理的な分離や、実証で用いるネットワークポロジの柔軟な構築機能といったテストベッドとして必要となる機能を実証環境で実現する取り組みを行っています。

さらには、IoTテストベッドの実現に向けた取り組みも行っています。IoTでは、各種センサーデバイスおよびデバイスを接続するアクセスネットワーク、デバイスからのデータを収集しサービスを実装するクラウド、アクセスネットワークとクラウドを接続するコアネットワークなど、多様なインフラ要素の連携が重要となります。現在のIoTは、低能力なデバイスから比較的小容量データを集め、ビッグデータとして集中処理をすることが多いですが、センサーデバイスの超高性能化に伴いデータは大容量化し、デバイスやアクセスネットワーク側でのデータ処理(エッジコンピューティング)も活用した超分散のシステムとなり、かつそれらが高信頼で動作することが期待されます。そういった将来のIoTを支える情報通信インフラの実現を目指した研究開発を進めています。

### 研究設備

NAISTが有している研究設備に加え、NICTが有しているテストベッド環境(広域ネットワーク、大規模クラスター環境など)が利用できます。

詳細は、NICT総合テストベッド研究開発推進センターのWebサイト(<http://testbed.nict.go.jp/>)を参照ください。

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

NICTは、放送局、ネットワーク機器ベンダー、通信事業者、地方自治体、大学等と共同プロジェクトを進めており、参画することが可能です。



※選択できる教育プログラムについては、入学後、担当教員に確認してください。

# 超高信頼ソフトウェアシステム検証学研究室

(国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

http://stage.tksc.jaxa.jp/jedi/JAXALab/index.html http://stage.tksc.jaxa.jp/jedi/index.html



(写真左から)

客員教授：片平 真史 masa-katahira@is.naist.jp

客員教授：石濱 直樹 ishihama@is.naist.jp

## 宇宙開発の実データに触れ、あなたの研究成果で新たな宇宙を創り出そう

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

まずは、超高信頼性が求められる宇宙や自動車分野に興味があること。実際の宇宙分野のソフトウェア開発に関するデータを用いて、新たな方法論を創造する研究となるため、ソフトウェア工学、統計学の基礎知識が必要。

### 研究室の指導方針

学生自身で課題を抽出し、解決するための方法を創造するプロセスを体験することで、主体的に考える人材を育成します。修士1年では、課題意識、興味のあるテーマを自身で探索できるようにアドバイスをしながら研究テーマを絞り込みます。研究テーマに合った宇宙分野の実データを提供し課題抽出のための分析を行います。修士2年では、データに基づく方法論を考案し、実証実験を行います。また、研究テーマにより、NASAや欧州宇宙機関(ESA)との共同研究に参加してもらいます。

### この研究で身につく能力

研究テーマに依らず、自身で考え、解決できる思考能力が身につく。また、失敗が許されない社会インフラシステムに必要な高信頼性、安全性確保のために、重要となる不具合・失敗要因の基礎知識を習得でき、解決策となるソフトウェア開発技術、ソフトウェア検証技術を宇宙分野での実証経験(ノウハウ、留意点)を含めて習得でき、今後の応用力をつけることができる。

### 修了生の活躍の場

宇宙関連企業、PwCあらた監査法人、村田機械、富士通

### 研究内容

今日、組み込みシステムや社会インフラシステムは、国家や人命の安全を支える根幹として位置づけられており、それらの超高信頼性を確保することは社会全体の安全性を高める上での最重要課題の一つです。超高信頼ソフトウェアシステム検証学研究室では、宇宙航空研究開発機構 研究開発部門 第三研究ユニットの持つ、宇宙システムにおける超高信頼性や安全性に関する研究および実践における高い実績にもとづいて、極限環境で正しい動作が求められるソフトウェアの超高信頼性・安全性を実現するためのソフトウェア検証方法論を研究します。特に、現在の重要課題である、人工知能などによる不確実性のある複雑なソフトウェアシステムの検証網羅性保証に必要な以下の方法論を研究・教育します。これらの研究成果は、宇宙システムに限らない、社会基盤システム全般の超高信頼化への応用が期待されています。

#### 1) 高信頼性・安全性検証手法

##### ロバスト性検証技術

仕様外要求を含めたロバスト性検証の要素技術、検証環境の自動生成アルゴリズムや方法論を研究・開発します。

##### 検証自動化技術

システム構成、運用条件、不具合パターンモデルなどを用いた検証ケース自動生成及び自動合否判定のためのアルゴリズムや方法論を研究・開発します。

#### 2) 高信頼性・安全性評価手法

##### 安全性評価手法

システム安全分析手法(STAMP/STPA, FRAM)を用いた、人工知能などによる不確実性のある検証が困難なソフトウェアシステムに対する検証手法の検討。または一般的な安全要求に基づく安全性評価手法の確立。

##### モデルベースミッション成立性評価手法

SysmlやUML等のモデルを用いたシステム設計をする際に、開発の早い段階からミッション成立性を評価する手法を研究します。

##### 検証網羅性評価技術

複数のソフトウェアシステムから構成される多量の検証情報に基づきソフトウェアシステム全体の検証網羅性を評価する技術(アシュアランスケースなど)を研究します。

##### 欠陥伝搬評価技術

ソフトウェアシステム全体の欠陥モードの体系化及びそのシステムへの影響度評価手法を研究・実証します。



図1 「ロバスト性検証技術・自動検証技術の概念図」



図2 「アシュアランスケースを用いた検証網羅性評価」

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

#### 論文誌

・柿本和希, 川口真司, 高井利憲, 石濱直樹, 飯田元, 片平真史, "Goal Structuring Notationを用いた汎用的な安全要求の明確化と評価," SEC journal, number 47, pages 16-23 2016年12月

#### 国際会議(査読付き)

・Mitsuaki Tsuji; Toshinori Takai; Kazuki Kakimoto; Naoki Ishihama; Masafumi Katahira; Hajimu Iida, Prioritizing Scenarios based on STAMP/STPA Using Statistical Model Checking, 2020 ICSTW

#### 国内会議(査読付き)

・柿本和希, 川口真司, 高井利憲, 石濱直樹, 飯田元, 片平真史, "CBCS 安全要求の適用性向上に向けた可視化の取り組み," クリティカルソフトウェアワークショップ, 2016年

#### 受賞

[1]柿本和希, 川口真司, 高井利憲, 石濱直樹, 飯田元, 片平真史, "[SEC journal] 論文賞 所長賞," SEC journal, 2016年11月.

[2]柿本和希, 川口真司, 高井利憲, 石濱直樹, 飯田元, 片平真史, "第13回クリティカルソフトウェアワークショップ 最優秀賞," 第13回クリティカルソフトウェアワークショップ, 2016年.

## データ駆動知識処理研究室

(国立研究開発法人情報通信研究機構)



客員教授：鳥澤 健太郎 torisawa@nict.go.jp  
客員准教授：飯田 龍 ryu.iida@nict.go.jp (写真なし)

**ビッグデータにどっぷり浸かって、知的で大規模な自然言語処理システムを作り、社会問題の解決に貢献しよう。**

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

数学やプログラミングの知識があれば有用ですが、知識がなくても一から勉強できます。むしろ、物事を大胆かつ精密に、またしつこく集中して考えること、そして新しい知識の吸収に貪欲になることが重要です。

### 研究室の指導方針

本研究室の教員は、情報通信研究機構(NICT)・データ駆動知能システム研究センター(DIRECT)に勤務しており、そこにはACL等の有力国際会議で論文を多数発表している研究者や、プログラマー、言語学者が在籍し、多くの自治体、企業等と連携しつつ、ビッグデータを使った自然言語処理の研究開発を行っています。ビッグデータ、自然言語処理や深層学習等の専門知識や社会貢献に関して、教員だけでなく、これらの人たちとも議論をし、多様な視点を学んでもらえればと思います。また、希望者は自治体の防災訓練等、実社会での応用の現場経験もできます。

### この研究で身につく能力

近年、自然言語処理、人工知能の分野では深層学習が注目を集めており、精度の高いニューラルネットワークを設計できる能力が重要になっています。本研究室ではそうした能力を養ってもらう他、ビッグデータを取り扱う大規模自然言語処理システムをデザイン、開発するための大局的視点も学んでもらいたいと思います。これは解決すべき社会問題や自然言語処理、人工知能の将来像を深く考え、それをもとにシステムのアーキテクチャを決定するという事です。我々は50名以上の専属の作業者にオリジナルの機械学習用学習データを作ってもらえる体制を持っているため、解くべき問題の設計とそれに基づいた学習データの作成から研究を開始することが可能ですが、これは日本ではまれな経験だと思えます。

### 修了生の活躍の場

平成31年度より発足した研究室です。奈良先端大での修了生はまだいませんが、教員の前職である複数の大学で指導した学生や、過去に情報通信研究機構に在籍し、教員の指導を受けた研究者は、大学教授、大手ネット企業からベンチャーに至るまで様々な職場で活躍しています。

### 研究内容

#### A. ビッグデータを用いた知的な対話システムに関する研究

NICT・DIRECTでは、社会に貢献できる自然言語処理システムを目指し、Web40億ページに書かれた知識を用いて雑談も含めた対話を行い、多様な知識を提供できる音声対話システムWEKDA (<https://www.nict.go.jp/press/2017/10/24-1.html>)や、SNS上の災害情報を分析する対災害SNS情報分析システムDISAANA (<https://disaana.jp/>)、災害状況要約システムD-SUMM (<https://disaana.jp/d-summ/>)を開発してきており、DISAANA等については民間企業による商用化が始まっています。([https://jpn.nec.com/press/202006/20200626\\_01.html](https://jpn.nec.com/press/202006/20200626_01.html)) また、近年、大量のテキストで事前学習したいいわゆる大規模言語モデルを使うことにより様々な自然言語処理の精度が向上していますが、DIRECTにおいても、代表的な大規模言語モデルであるBERT (パラメータ数は50億個以上に拡大しています。いわゆるBERT-Largeの約15倍のパラメータ数です。) やその派生モデルを、日本語Wikipediaよりも100倍以上大きい、300GB超のWebテキストや、数百枚のGPUさらには、後述する自前開発のミドルウェアRaNNC等も使って構築しており、今後さらに巨大な言語モデルを構築する予定です。現在はそれらの技術をベースに、健康で充実した生活をおくってもらうために高齢者と対話する対話システムMICSUS (<https://youtu.be/gCUrC3f9-Go>)や、災害時に被災者からの被害情報の収集・提供をスマホ上で行える防災チャットボットSOCDA (<https://youtu.be/vvx0MFgd5c8>)を研究開発するプロジェクトが進行中ですが、本研究テーマではこれらのプロジェクトには拘らず、ビッグデータを使った知的な対話やディベートを行う技術一般を研究します。研究課題の例としては、「教育目的の対話システムの対話制御技術」、「雑談破綻時の話題・対話戦略修正技術」等が考えられます。

#### B. ビッグデータを用いた質問応答、仮説生成手法に関する研究

上述の大規模BERTモデルやその派生モデル等を利用し、大規模なWebページ等から知識を取り出す質問応答技術や、取り出された知識からインパーティブな仮説を生成する技術を研究します。DIRECTの質問応答システムWISDOM X (<https://wisdom-nict.jp/#top>) は「なぜ」や「どうなる」等の質問にWeb40億ページを元に回答する他、仮説の生成も可能です。科学論文を先取りする仮説を作ることにも成功していますが、ここでの仮説は科学的仮説には限りません。小説のストーリーも一種の仮説と考えられます。対話システムが仮説として生成されたストーリーを勝手に語り始めたら面白いと思いませんか? 研究課題の例としては「長文の回答を要する質問に高精度で回答できる質問応答技術」、「質問応答技術を用いた仮説生成によるストーリー生成技術」等が考えられます。

#### C. ビッグデータに適用するための自然言語処理基盤技術の研究

これまでに説明してきた技術には自然言語処理の基盤技術である構文解析や意味解析、文脈解析等が必要です。近年ではこれらの基盤技術もこれまでもたびたび言及しているBERT等の巨大言語モデルで精度が大きく向上していますが、DIRECTではそうした言語モデルの中でも一枚のGPUのメモリに格納できない巨大なものを自動的に分割し、複数のGPUで並列に学習/推論させることのできるミドルウェアRaNNCを開発し、上述したように数百GBのテキストを使って、実際に超巨大言語モデルを構築しています。こうした超巨大言語モデルも使った各種の基盤技術の開発ももちろんwelcomeです。

### 研究設備

500台以上のサーバー、500枚以上のGPGPU、300億件のWebページ、Twitterに関しては日本語ツイートの10%をリアルタイムで取得。

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究業績については、<https://direct.nict.go.jp/publications/>、<https://direct.nict.go.jp>をご覧ください。  
外部資金、報道、受賞等については、<https://direct.nict.go.jp>をご覧ください。なお、NICT DIRECTの成果に関しては、過去5年間で約三百件の報道がなされております。



# 多言語ナレッジコンピューティング研究室

(株式会社富士通研究所)

http://www.fujitsu.com/jp/group/labs/



(写真左から)

客員教授：湯上 伸弘 yugami@fujitsu.com

客員准教授：鄭 育昌 cheng.yuchang@fujitsu.com

## 言語の壁を克服し世界中の知識がつながる

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

他分野の研究者と交流・連携する積極性が必要になります。また、研究に必要な自然言語処理や機械学習、プログラミングなどの専門知識は、基幹研究室の勉強会に参加するなどして、適宜身につけていけば問題ありません。

### 研究室の指導方針

本研究室は、企業や社会で起きている課題を解決することを主眼に研究開発を行います。学生に対しては、事業や社会への貢献を常に意識するように指導を行います。学生は富士通研究所の中で、企業でのAI技術の研究開発を間近に見ることができ、また、幅広い研究分野で活躍する様々な研究者に接することができます。これによって、他の研究テーマとの連携についても積極的に行動し、広い視野を持った研究者を育てます。

### この研究で身につく能力

自然言語処理の先端技術、特に、世界中の膨大なテキストからAIで活用可能な知識を構築する技術を学べます。また、企業内研究所に身を置くことにより、社会や事業での様々な課題やニーズから具体的な技術課題を設定する能力が身に付きます。さらに、研究成果が産業・社会に貢献するまでのプロセスを直に体験することで、通常の大学研究室では得られない、技術活用に関する知見が身に付きます。

### 修了生の活躍の場

情報通信産業等の企業の研究開発部門、大学、研究機関

### 研究内容

本研究室は、川崎市にある富士通研究所の教育連携研究室です。富士通が長年にわたって培ってきたAI技術を活用し、「人と協調する、人を中心としたAI」、「継続的に成長するAI」を実現するための研究開発を行っています(図1)。特に自然言語処理技術を駆使し、多言語テキストデータからAIに適用する知識の構造化とその活用を実現する技術の研究開発を行っています。

#### ●人やモノのつながりを表すグラフ構造—ナレッジグラフ

本研究室では、企業や社会で実際に使われるAIの実現を目指し、膨大なデータから有益な知識を生成する「知の獲得」、獲得された知識や人間が持つ多種多様な知識を構造化しICTが自由に使えるようにする「知の構造化」、構造化された知識を使ってAIを実現する研究に取り組んでいます。

世界中のあらゆるデータや知識をAIが利用可能な形にするために、企業内やWebなどに存在する多言語テキストから知識の内容や相互の関係を自動的に抽出し、様々な関係をリンクとして表現するグラフ型の構造化知識である「ナレッジグラフ」を構築する技術の研究に取り組んでいます。また、ナレッジグラフから新しい知識を作り出す技術や、共通の知識ベースを構築・再利用することで知識構造化のコストを大幅に短縮し、すぐに使えるAIを提供する研究も行っています。以下では、ナレッジグラフの社会貢献に関する取り組み事例を紹介します。

#### ●ナレッジグラフの活用—価値あるデータをビジネスに活用

ナレッジグラフのビジネス活用事例の一つは、金融分野での監督官庁向けの情報分析です。これは、監督官庁が保有しているプライベート情報に加え、財務諸表などのオープンデータ、更にはニュース、ソーシャルメディアなど異なるデータセットからデータを取り組み、自然言語処理、機械学習やグラフネットワークによる高度な分析によって、価値のあるデータを提供するものです。

監督官庁が保有しているデータにオープンデータを加えていくことで、これまでは見えていなかった隠れた人間関係や企業同士の関係、更には特定の地域と企業との関わりを見つけることができ、監督業務に役立てることができます(図2)。

ナレッジグラフは、監督業務のみならず、膨大なデータの分析が必要なあらゆるお客様に活用できます。例えば、企業のマネジメント層の意思決定時のサポートや、信用調査、他には反社会的勢力と企業とのつながりの発見などにも活用できると考えています。

#### ●ナレッジグラフの活用—構造化知識を利用する説明可能なAI

近年、大量のデータを学習させることで機械が自らデータの特徴を学んでいくDeep Learningなどの機械学習技術の活用が広がる一方で、これらの技術は推定結果が得られた理由を人間が検証することが困難なため、AIを使った専門家の判断に関して説明責任が問われる医療や金融などのミッションクリティカルな領域などへの適用に課題がありました。

富士通研究所では、グラフ構造のデータを学習する富士通研究所独自のAI技術「Deep Tensor (ディープ テンソル)」と、学術文献など専門的な知識を蓄積した「ナレッジグラフ」を関連付けることにより、大量のデータを学習させたAIの推定結果から、推定理由や学術的な根拠を提示する技術を開発しました。

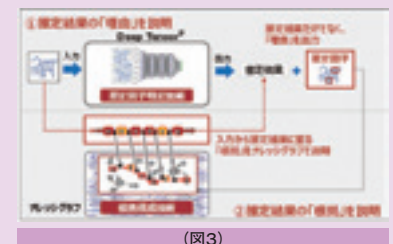
AIの推定結果に対する理由や根拠として得られた学術文献などの専門的な知識をもとに、専門家がAIの推定結果が信頼に値するかを確認できるとともに、得られた結果を手掛かりに新しい知見を得ることができるようになるなど、専門家がAIと協調して問題解決する世界が実現します(図3)。



(図1)



(図2)



(図3)



# 情報科学領域研究設備

## 高性能計算設備

GPGPU RTX3090群と富岳エントリモデル(8ノード構成)があります。使用時間制限なしに占有可能です。



## ソフトウェアデータ蓄積・解析システム

実効容量47TiBのRAID6 HDD+キャッシュ用に2TiBのSSDを備えた超高速高信頼ネットワークストレージと、合計128CPUコアおよび576GiBのメモリを有するブレードサーバ群を仮想化プラットフォームvSphereにより統合したデータ解析用プライベートクラウドシステムにより構成される。



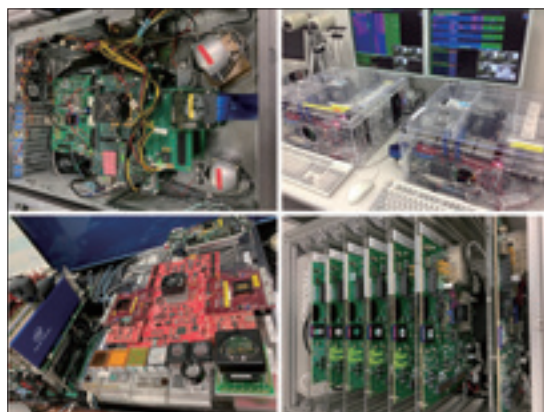
## IoTアクセラレーション実験設備

ARMとFPGA/GPUが1チップ化されたSoCボード群です。ARM上で動作するLinuxから、FPGA/GPU/独自開発LSIなどを直接制御して、IoTアクセラレーションに関する実験を行っています。独自開発LSIには、ガラス基板上に実装したニューロモーフィックチップや、アナログはハイブリッドLSIも含まれます。



### IoTおよびサーバ向け大規模FPGA実験設備

最大容量クラスの大規模FPGAボード群です。IntelやARM上で動作するLinuxから、大規模FPGAを制御して、実用アプリケーションの高速化実験を行うことができます。



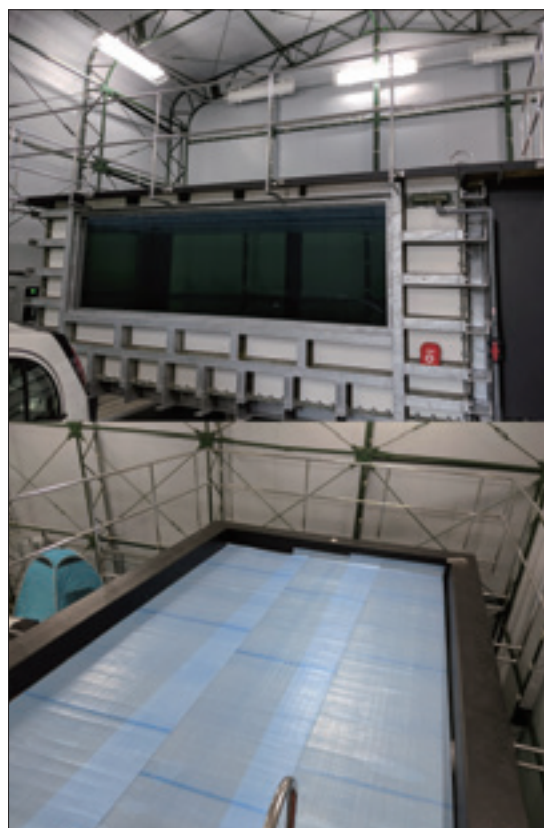
### IoTデバイス大規模シミュレーション基盤

各種高速計算サーバ上でMATLAB+SimulinkやLSI/FPGA用CADを利用しています。回路・アーキテクチャシミュレーション、アプリケーションの並列高速化実験などにも使用しています。GPUには、GTX1080TiOCやV100を搭載しています。



### 流水プール

2019年より、(株)ジャパンアクアテック社製流水プールが導入されました。約4m x 2m、深さ1.5mの流水プールです。泳者に反射型マーカを取り付けることで、VENUS3Dによる反射型の泳者全身のトラッキングが可能です。



### ウェアラブル呼吸代謝計測装置

この装置によって、換気量・酸素摂取量・二酸化炭素排出量・心拍数・消費エネルギー量など様々な呼吸・循環・代謝機能を正確に計測あるいは推定することが可能となります。

対象者にこの装置を装着してもらった状態で計測を行いますが、軽量で自由な運動をほとんど妨げることなく計測することができます。他の生理計測装置と組み合わせて用いることで、運動下での多面的な生理機能評価を実現しています。



### 自律分散ロボット群 (Kilobot and Khepera IV)

超小型群ロボットKilobot 150台とマルチセンシング移動ロボットKhepera IV 15台を用いて、ロボットの群れを協調制御するための分散アルゴリズムを研究しています。Kilobotは直径約3cmの超小型ロボットで、周囲のKilobotと通信しながら移動することができます。また、Khepera IVは直径14cmのロボットで、通信・移動機能に加えて、環境を観測するための多数のセンサ(カメラ、赤外線、超音波、マイク、加速度、ジャイロ)を持っています。



### Baxter

Baxterは2本の7自由度アームと最先端のセンシング技術を備えたヒューマノイド(擬人ロボット)です。各関節の力・位置・トルクのセンサ・コントローラにより、Baxterロボットは智能化された組み立てや人間との安全な協調操作のようなタスクに適しています。複数のカメラと組み合わせ、人間と安全な距離を保ちながら3次元空間で知的に働くことができます。





## Nextage

Nextageロボット(15自由度アーム2本、首と腰の関節)は多用途アームと正確な動作により大多数の人間の製造能力と同等かそれ以上の能力を発揮できます。拡張性のあるオープンソフトウェア環境(C++/Python/ROSベース)と機能的な機体を備えており、最新の機械学習/強化学習アルゴリズムを用いた学習制御戦略に相応しい開発プラットフォームです。



## Universal Robot5 (UR5)

UR5ロボットは5kg積載可の6軸アームを有しています。その再現性は $\pm 0.004$ インチであり、1メートル毎秒もの速度を持つ一方、微視的に小さな部品でさえ素早く正確に操作できます。制御精度と速度のバランスが非常に良いため、ピックアップ/組み立て作業だけでなく人間との安全な連携にも適しています。UR5ロボットは直観的なタブレットインターフェースを用いた簡単な操作と、拡張性のあるオープンソフトウェア環境でのプログラムの両方をサポートしています。



## 衛星インターネットカー

衛星回線を利用してアドホックにインターネット通信環境を提供することができる車両です。このシステムは、災害時などに臨時的に通信インフラを提供することが可能です。



### 小規模計算機サーバ

深層学習やビッグデータ解析、大規模シミュレーションなどの高度な計算能力を必要とする科学・技術研究を遂行するために利用するシステムで、学内どこからでも利用できます。構成は以下の通りです。

- クラスタノード (54ノード):  
CPU: 24コア, メモリ: 256 GiB, GPU: 1,792 CUDA コア
- 超並列演算ノード (8ノード):  
CPU: 24コア, メモリ: 256 GiB, GPU: 7,168 CUDA コア
- 大容量共有メモリノード (2ノード):  
CPU: 144コア, メモリ: 2 TiB
- 大容量データ処理ノード (8ノード):  
CPU: 44コア, メモリ: 768 GiB もしくは 256 GiB, HDFSストレージ: 96 TB
- 物質解析サーバ (1ノード):  
CPU: 44コア, メモリ: 768 GiB
- 広帯域分散ファイルサーバ:  
GPFSストレージ容量: 571 TiB, スループット: 8 GB/s

バッチ・インタラクティブジョブ、Hadoop、Docker / LXC コンテナ、仮想マシン環境のような様々なタイプのユーザジョブに対応しています。また、各種コンパイラ、計算ライブラリ、数値解析アプリケーション、物質解析アプリケーション等のさまざまなソフトウェアを備えています。



### 立位撮影オープン型MRI装置

オープン型MRI装置 (G-scan Brio, Esaote, Genova, Italy) を使って研究が行われています。臥位 (寝た状態) だけでなく、装置を回転させて立位 (立った状態) での撮影が行える点が特長で、荷重下での筋骨格・関節撮影が、本装置の最も得意とするターゲットです。得られた画像から、筋骨格のバイオメカ・機能解剖のコンピュータモデルを構築し、医療診断・治療支援、リハビリテーション、スポーツ科学等への応用を目指します。



### 深層学習向けGPU計算システム

NVIDIA GeForce GTX TITAN, GeForce GTX 1080 Ti, GeForce RTX 2080 Ti, and RTX TITAN (計68GPU)を搭載した18ノードのGPU計算システム。



### 大容量高速サーバ

合計504コア、メモリ900GBを備えた7ノードクラスたと、110TBのデータを収容できる高速分散ファイルシステムにより、あらゆるコミュニケーションでの大容量データのリアルタイム獲得・処理が可能になります。クラスタは、テキスト・音声データへの高速かつ柔軟なアクセス、多言語テキスト解析・翻訳などの研究に利用されています。

### ウェアラブル視線計測システム

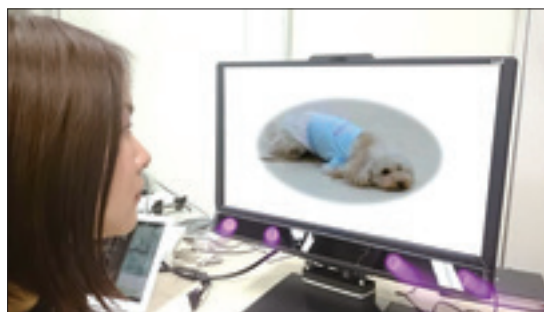
このウェアラブル視線計測システムを用いれば、ユーザーが自由に動き回るような場合においても、どこをどのよう見ているのか研究・調査することが可能となります。このシステムには前方画像を捉えるシーンカメラが備わっており、その画像と視線位置を照合することで対象者が何を見ていたのか確認することができます。また、このシステムを脳波・心電図・モーションキャプチャシステムなどと同期させて計測することも可能です。二台の視線計測システムを所有しており、それらの間の同時計測も可能となっています。





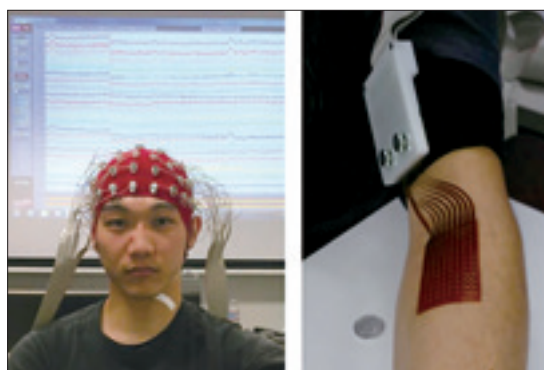
### 高精度視線計測システム

300Hzのサンプリングレートでの計測が可能な、高精度視線計測システムです。頭部の動きに対しても代償可能となっています。本システムではスクリーンが発する光に基づいて、脳波など様々な生体信号との同期が可能となっています。



### 多チャンネル脳波および表面筋電図計測システム

このシステムは多チャンネル脳波および表面筋電図の計測に用いられます。ヘッドキャップにピン型のアクティブ電極を差し込むことで脳波計測を開始でき、従来の脳波計測装置より開始までに要する時間を短縮できます。表面筋電図は柔軟な高密度格子状電極を用いて計測できます。この格子状電極を用いることで、表面筋電図トポグラフィを得ることが可能となります。



### 簡易ドライビングシュミレータ

簡易ドライビングシュミレータです。グラス型の視線計測装置と併用することにより、ドライバーの視線を計測することが可能です。運転者がどのような視覚情報処理を行いながら運転しているのか検証する場合などに用います。



### 光学式モーションキャプチャシステム/床反力計/表面筋電計

光学式モーションキャプチャシステム、床反力計、表面筋電計です。筋骨格シミュレータを用いることで、計測データから全身の関節トルクや筋張力などが推定可能です。



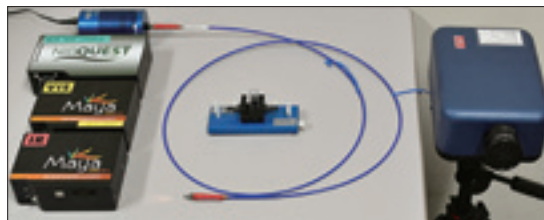
### マルチモーダルコミュニケーションロボット

このロボットでは言語的なコミュニケーションだけでなく、ジェスチャーなどの身体性を用いたマルチモーダルな対話に関する研究を行うことができます。また、搭載する視覚、聴覚、触覚センサによって概念獲得の研究にも用いられています。



### ハイパースペクトルカメラと分光器

これらの装置を用いることで、さまざまな分野で用いられる分光解析を行うことができます。ハイパースペクトルカメラを用いれば、空間解像度が696×520ピクセル、波長分解能が400-1,000nmに対して128バンドの画像を撮影することができます。また、分光器については3種類が利用可能であり、それぞれ200-1,100nm、500-1,375nm、900-2,500nmの波長を取得することができます。



### スマートホーム

ユビキタスコンピューティングシステム研究室では、2013年4月より大学内に建設された実験用住宅設備スマートホームを用いて研究を行っています。本設備は、リビング・ダイニング、キッチン、洋室、洗面室、浴室、トイレ、廊下、玄関からなる居住空間で、居住者の活動をセンシングする、ドアの開閉検知、使用電力の計測、温度・湿度の計測、照度の計測、位置の測位などを行うための多数のセンサを備えています。本設備を用いて、新しいセンサの研究、それらをつなぐセンサネットワークの研究、つながったセンサや家電の連携に関する研究、センサによる行動認識の研究、行動認識に基づいた住環境の快適化に関する研究など、基礎から応用に至るまで、さまざまな研究を行っています。



### 知能コミュニケーション研究用生体計測装置

脳を始めとする生体の計測を行う装置です。32chの記録、バッテリー駆動ができる脳波計測解析装置で、人間のコミュニケーションにおける脳活動、生体反応を計測する知能コミュニケーションの研究に役立っています。



### 解析結果表示装置

膨大なハイビジョンモニタ6面で構成され、一つの大きな画面、あるいは2x2サイズ1面+独立2面といった具合に表示方式を柔軟に変更できる超大画面モニタ装置。



### ユビキタスディスプレイ実験室

ユビキタスディスプレイシステムは、SXGA+プロジェクタ5台、50インチハイビジョンプラズマ3台、42インチ縦型タッチパネルプラズマ2台、ムービングプロジェクタ1台、UMU SCREENからなる様々な種類のパネルを組み合わせたシステムです。異なる種類のパネルを組み合わせることで、ミーティングやコミュニケーションを高度化する研究を行っています。





### 大規模データリアルタイム処理システム

512GBのメモリを備えた24CPUコアXeon E5-4617@2.8GHzの大規模計算サーバ1台と、256GBのメモリを備えた8CPUコアXeon E5-2643@3.3GHzの計算サーバ4台と、実効容量合計44TBのRAID10大規模ファイルサーバからなるシステムで、言語情報を中心とした大規模データから知識を獲得し、リアルタイムで処理する研究設備です。言語情報に基づいて、高速かつ柔軟にテキストを検索したり、多言語を解析・翻訳したりする研究開発に役立っています。



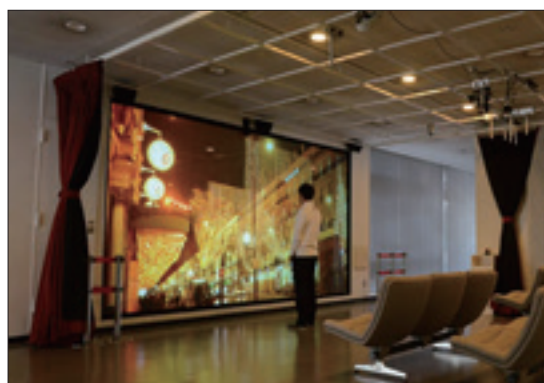
### 実世界行動生成装置

人と同じ空間を共有するロボットには、人と同じ環境を行動する能力が求められます。人と似た構造を持つヒューマノイドロボットは、そのような研究をおこなうプラットフォームとして最適です。このヒューマノイドロボットは、実現できる作業の自由度を考慮して、腕部に7自由度、脚部6自由度、全体として計34自由度を持ちながら、身長151cm、体重38kgと小型・スリムなため運用性・適用性に優れています。今後、このヒューマノイドを用いて、知的な全身動作の実現に取り組んでいきます。



### インタラクティブ超高精細映像研究システム

ハイビジョン映像の4倍の解像度をもつ4K映像の送受信が可能なシステムであり、臨場感のある映像を表示することができます。このシステムを学内外の超高速ネットワークを利用して、遠隔地とのやりとりをその距離を意識することなく行うことができるよう、画像処理技術とネットワーク技術を融合した新世代のマルチメディアシステムの研究開発を行っています。



### 行動メディアシステム

ロボットのような自律機械と人間が同じ空間内に共存する環境では、人間と機械間の相互作用の新たな手法の実現が課題となっています。人間・ロボットの行動を多種類のセンサを用いて実時間で認識するとともに認識した行動情報に基づき行動を生成・提示しインタラクションをおこなうため身長158cm、31自由度をもつアクトロイド、そして複数台カメラ、モーションキャプチャシステムからなるシステムです。



### 双腕作業ロボットシステム

日常生活での作業・物体操作を研究するための双腕ロボットシステムです。頭部に装着された2眼カメラシステムをパン・チルトさせて環境の情報を取得することができ、腕部に6自由度、手先に4自由度を有する手腕により器用な動作を実現することができます。またOpenRTMと呼ばれるロボット向けミドルウェアを使用することで、システム構成も柔軟に変更することができます。今後、このロボットシステムを用いて、人の作業知能の解明に取り組んでいきます。



### 遠隔地間相互臨場感伝送装置

衛星通信装置や無線通信装置を用いて、遠隔地にされたグラフィックワークステーションを相互接続し、VRおよびビデオコンファレンスによる遠隔医療診断などを可能とする通信システムおよび画像処理システムの研究開発に用いられています。MPEG-2によるビデオ画像のエンコーダ/デコーダ装置、VR画像の生成に必要な画像処理ワークステーション、高速通信システム、移動体通信システムによって構成されています。



### 空気圧人工筋起動7自由度マニピュレータ

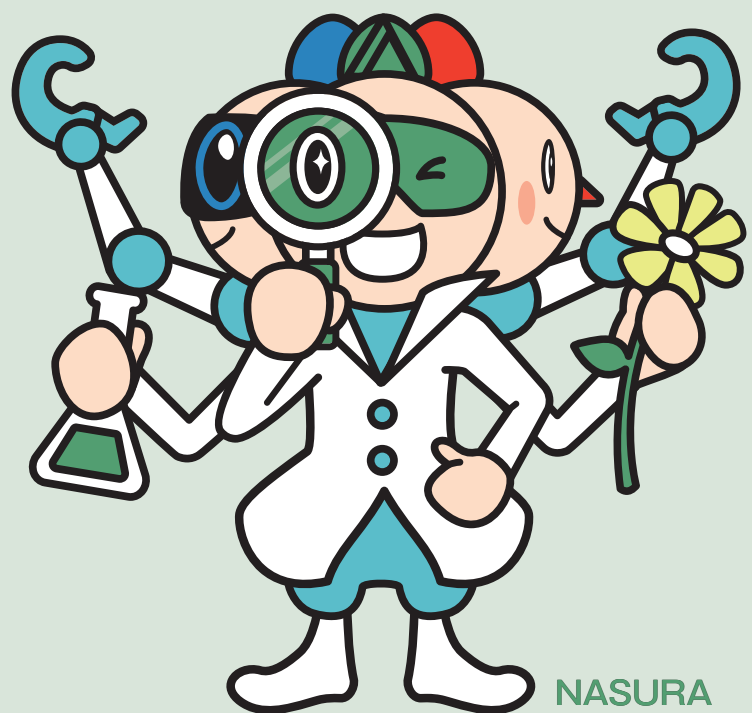
16本の空気圧人工筋により、7自由度を制御可能なマニピュレータです。その柔らかさを生かして、人間に直接接触しながら力学的にアシストを行う研究などに利用できます。







# バイオサイエンス領域



NASURA

# 研究室及び教育研究分野

## バイオサイエンス領域

### 植物科学分野

植物の発生、細胞周期制御、細胞分化、器官形成、遺伝子発現制御、生殖、光合成、情報伝達、ストレス応答、環境応答など植物細胞・個体が有する様々な生命機能の解明を目指す基礎研究から植物生産性増強、環境耐性増強など環境・資源・エネルギー・食糧問題等の解決に向けた応用研究まで、持続的発展が可能な社会の実現を目指した先端的な研究を推進できる研究人材を育成する。

研究室及び教員		教育研究分野	頁
基 幹 研 究 室	<b>植物細胞機能</b>		P.62
	教 授	橋 本 隆	
	助 教	加 藤 壮 英 助 教 小 牧 伸 一 郎	
	<b>植物発生シグナル</b>		P.63
	教 授	中 島 敬 二	
	助 教	宮 島 俊 介 助 教 郷 達 明	
	<b>植物代謝制御</b>		P.64
	教 授	出 村 拓	
	助 教	國 枝 正 助 教 中 田 未 友 希	
	<b>植物成長制御</b>		P.65
	教 授	梅 田 正 明	
	助 教	高 橋 直 紀 助 教 安 喜 史 織	
	<b>花発生分子遺伝学</b>		P.66
	教 授	伊 藤 寿 朗	
	助 教	山 口 暢 俊 助 教 白 川 一 助 教 和 田 七 夕 子	
	<b>植物生理学</b>		P.67
教 授	遠 藤 求		
助 教	久 保 田 茜 助 教 高 橋 望		
<b>植物免疫学</b>		P.68	
教 授	西 條 雄 介		
助 教	舘 田 知 佳 助 教 安 達 広 明		
<b>植物共生学</b>		P.69	
教 授	吉 田 聡 子		
助 任 助 教	Songkui Cui 稲 葉 尚 子		
<b>バイオエンジニアリング</b>		P.70	
教 授	加 藤 晃		
助 教	山 崎 将 太 朗		
<b>植物二次代謝</b>		P.71	
准 教 授	峠 隆 之		
助 教	清 水 崇 史		

## メディカル生物学分野

動物の発生、細胞増殖制御、細胞分化、器官形成、遺伝子発現制御、情報伝達、恒常性維持、ストレス応答など動物細胞・個体が有する様々な生命機能の基礎研究から神経疾患、代謝疾患、ガンなど様々な疾患原因の解明による出口を見据えた応用研究まで、健康社会の実現を目的とした先端的な研究を幅広く推進できる研究人材を育成する。

	研究室及び教員	教育研究分野	頁
基 幹 研 究 室	<b>分子情報薬理学</b> 教授 伊 東 広 助 教 小 林 哲 夫 助 教 鳥 山 真 奈 美	ヒトの身体の恒常性維持や個体形成を司るホルモン・神経伝達物質および細胞増殖・分化因子等による細胞応答の仕組みを解明し、がん・神経疾患・生活習慣病などの診断・治療への展開を目指した研究・教育を行う。 [キーワード] シグナル伝達、Gタンパク質、GPCR、がん細胞の接着・遊走、分子標的薬、機能的抗体、新規受容体リガンド、神経幹細胞の増殖・分化・遊走、一次繊毛の形成・機能	P.72
	<b>機能ゲノム医学</b> 准 教 授 石 田 靖 雅 助 教 金 井 賢 一 助 教 岡 千 緒 助 教 松 田 永 照	ヒトやマウスの獲得免疫系が「自己」と「非自己」を識別する際に、免疫応答のnegative regulatorである PD-1 が果たす生理的役割を、分子レベルとマウス個体レベルで探索する研究・教育を行う。 [キーワード] PD-1、獲得免疫、がん、免疫療法、抗体医薬、自己免疫疾患、ES細胞、ノックアウトマウス、トランスジェニックマウス、正常体細胞中のゲノム変異	P.73
	<b>腫瘍細胞生物学</b> 教 授 加 藤 順 也	哺乳類細胞の細胞周期制御、細胞老化、細胞分化、アポトーシス、オートファジー、幹細胞制御などに興味を持ち、腫瘍細胞の増殖、分化、生存を制御する分子メカニズムに関する研究・教育を行う。 [キーワード] 細胞周期制御、チェックポイントコントロール、細胞がん化、白血病、血液幹細胞、がん幹細胞、遺伝子改変マウス、細胞老化、細胞分化、アポトーシス、p53、タンパク分解制御、COP9シグナロソーム	P.74
	<b>分子免疫制御</b> 教 授 河 合 太 郎 助 教 川 崎 拓 実 助 教 織 大 祐	免疫応答の発動メカニズムやその破綻により引き起こされる自己免疫疾患、アレルギー、炎症性疾患などの発症メカニズムを理解するとともに、治療や診断法の開発を目指した研究・教育を行う。 [キーワード] 自然免疫、シグナル伝達、サイトカイン、炎症、自己免疫疾患、アレルギー、ワクチン開発、ノックアウトマウス	P.75
	<b>分子医学細胞生物学</b> 教 授 末 次 志 郎 助 教 西 村 珠 子 助 教 稲 葉 岳 彦	脂質膜形態形成および脂質膜を介したシグナル伝達に関して、生体膜の形態機能形成に着目し、タンパク質と脂質分子の共役した細胞内での分子機構を解明することにより、細胞や動物個体に見られる形態形成機構を理解し、かつ、疾患形成を解明することを目指した研究・教育を行う。 [キーワード] 生化学、細胞生物学、構造生物学、データサイエンス、細胞運動、浸潤、細胞増殖、脂肪酸、脂質膜、BARドメイン、アクチン、細胞骨格、リン脂質、イノシトールリン脂質、エンドサイトーシス、細胞内輸送、ラメリポディア、フィロポディア、がん組換えタンパク質、再構成実験、結晶化、超解像解析、深層学習、画像解析	P.76
	<b>RNA分子医科学</b> 教 授 岡 村 勝 友 助 教 島 本 廉	microRNAなどの非コードRNAを介した遺伝子発現制御機構の全貌の理解を目標として、ショウジョウバエなどのモデル生物や疾患ゲノム情報をもとにしたコンピュータ解析や分子生物学的手法を駆使した方法により、疾患・健康状態を司る分子機構の解明を目指した研究・教育を行う。 [キーワード] microRNA、非コードRNA、機能ゲノム解析、定量解析、モデル生物、ショウジョウバエ	P.77
	<b>幹細胞工学</b> 教 授 栗 崎 晃 実 助 教 高 田 仁 助 教 印 東 厚	発生過程で見られる組織形成のしくみを解明し、幹細胞の分化制御方法を開発する。さらに、疾患モデルを構築して病気の発症機構を明らかにし、組織再生への応用を目指した研究・教育を行う。 [キーワード] 幹細胞、ES細胞、iPS細胞、分化、3次元培養、オルガノイド、内胚葉、胃、腸、肺、がん、組織形成、再生、リプログラミング、疾患モデル、移植手術、発生、細胞増殖因子、シグナル伝達、遺伝子発現解析、凍結組織染色、ウイルスによる遺伝子導入	P.78
	<b>発生医科学</b> 准 教 授 笹 井 紀 明	中枢神経系の多様な神経細胞の産生と機能維持の分子機構を知ることが目標に、神経細胞の発生における誘導因子と前駆細胞の反応性の関係を、ニワトリ、マウス胚をモデルとして分子レベルで明らかにするとともに、いったん産生された神経細胞の機能維持のメカニズムを解明する研究・教育を実施する。 [キーワード] 神経発生、神経管、パターン形成、シグナル伝達、ソニック・ヘッジホッグ、ニワトリ、マウス、繊毛、眼科疾患、膜タンパク質	P.79
	<b>器官発生工学</b> 准 教 授 磯 谷 綾 子 助 教 由 利 俊 祐	異種キメラや疾患モデル動物を用い、異種及び異種キメラの環境で発生・分化した器官・細胞の機能解析、あるいは異種環境へ移植されたドナーの機能獲得やそれに必要な要因の解明を通して、再生医療につながる研究・教育を実施する。 [キーワード] 臓器形成、発生工学、幹細胞、移植、再生医療、異種キメラ、疾患モデル動物	P.80



## 統合システム生物学分野

生物の遺伝現象、進化、細胞増殖、環境応答、組織・器官形成、発生プロセス、神経ネットワーク形成などを対象に生命現象をシステムとしてとらえ、細胞生物学および分子生物学を基盤とする実験的アプローチと数理解析・数理モデル的アプローチの両面から追求する先端的研究を推進できる研究人材を育成する。また、従来のバイオサイエンス研究に、情報技術やナノ技術などの新しい手法・視点を導入して、革新的な新たな科学・技術を創造する意欲と能力を持つ人材を育成する。

	研究室及び教員	教育研究分野	頁
基 幹 研 究 室	<b>原核生物分子遺伝学</b>	ゲノムの正確な複製がどのような仕組みに支えられているのか、あるいはこれとは逆に、ゲノムの不正確な複製によって引き起こされる突然変異や染色体異常はどのようなプロセスを経て発生するのかについて研究・教育を行う。 [キーワード] DNA複製、DNA修復、DNA組換え、突然変異、染色体の再編、進化、細胞増殖、細胞周期制御、DNA損傷応答	P.81
	★教 授 高 木 博 史 准 教 授 秋 山 昌 広 助 教 小 林 和 夫		
	<b>ストレス微生物科学</b>	微生物が進化の過程で獲得した様々な「環境ストレス」に対する適応機構について、分子・代謝・細胞レベルで解明し、多様な微生物機能を理解するとともに、微生物育種・物質生産などの技術開発を通して、バイオテクノロジーへの貢献を目指した研究・教育を行う。 [キーワード] 応用分子微生物学、分子育種、物質生産、酵素機能改変、ゲノム情報、代謝制御、環境ストレス応答・耐性、小胞体ストレス、シグナル伝達、アミノ酸の生理機能、レドックス制御、タンパク質活性制御	P.82
	教 授 高 木 博 史 准 教 授 木 俣 行 雄 助 教 那 須 野 亮 助 教 西 村 明 助 教 両 角 佑 一 助 教 中 瀬 由 起 子		
	<b>(テニユア・トラック) 環境微生物学</b>	微生物がもつユニークな代謝能力を細胞～分子レベルで解明するための研究・教育を行う。微生物機能を利用した、環境問題や持続可能な社会の実現に資する技術の開発を目指す。 [キーワード] 微生物学、代謝工学、ゲノミクス、トランスクリプトミクス、酵素化学、イメージング、遺伝子工学、微生物育種、進化、微生物スクリーニング	P.83
	特 任 准 教 授 吉 田 昭 介		
	<b>構造生命科学</b>	生命現象には蛋白質やRNAなど様々な分子が関わっている。これらが織りなすダイナミックな構造変化に起因する分子メカニズムを原子レベルで明らかとすべく、新たな研究手法を組み合わせた構造生物学的解析による基盤研究・教育を行う。 [キーワード] 蛋白質科学、構造生命科学、蛋白質輸送、蛋白質立体構造形成、蛋白質相互作用、超分子複合体、分子メカニズム、分子生物学、構造解析、生物物理学	P.84
	教 授 塚 崎 智 也 助 教 市 川 宗 次 助 教 宮 崎 亮 助 教 北 野 健		
	<b>遺伝子発現制御</b>	せきつい動物発生の過程で起こるダイナミックな現象の動作原理を解明することを目的とした研究・教育を行う。 [キーワード] せきつい動物の発生、遺伝子発現の調節、時間制御、細胞移動、左右パターン形成、創傷治癒、ライブイメージング	P.85
	教 授 別 所 康 全 准 教 授 松 井 貴 輝 助 教 秋 山 隆 太 郎 助 教 北 川 教 弘		
<b>神経システム生物学</b>	神経細胞や組織の形態形成の仕組みを、シグナル伝達、細胞骨格、細胞内輸送の観点から、分子・細胞・発生生物学的手法、力計測及び数理モデルの手法を用いて統合的に解明するとともに、その破綻により引き起こされる疾患の原因解明と治療法開発を目指す研究・教育を行う。 [キーワード] 神経回路、軸索、極性、対称性の破れ、細胞移動、細胞骨格、細胞内分子輸送、牽引力、シグナル伝達、ライブイメージング、ノックアウトマウス、システムバイオロジー、再生医学	P.86	
教 授 稲 垣 直 之 助 教 馬 場 健 太 郎 助 教 嶺 岸 卓 徳			
<b>データ駆動型生物学</b>	細胞・組織・個体レベルの機能発現の原理を解明することを目的とし、機能を表現する物理量と関連分子の実験データに基づいてそれらの相互作用を数理的に記述するとともに、機能と分子からなる統合的な生物システムについて研究・教育を行う。 [キーワード] 細胞変形、数理モデル、組織形成、機械学習、メカノバイオロジー、統計解析、細胞骨格、シグナル伝達、トランスオミクス、糖代謝、疾患の非侵襲診断、機能酵素推定、分子ゆらぎ、制御理論	P.87	
教 授 作 村 諭 一 助 教 小 銀 治 俊 也			

注) ★印：兼任

## 連携研究室

バイオサイエンス領域の3分野に含まれる研究室での研究内容に関連し、活発で質の高い研究活動を行っている近畿圏の研究機関と教育研究の連携協定を締結している。これらの研究機関に所属し、学生指導の意欲と能力を持つ研究者に、領域の客員教授として博士前期および後期課程の学生の研究教育を担当してもらっている。学生は連携研究室を配属先として選択することができ、3分野の研究室と同様に学位論文研究を行うことが可能である。

連携研究室	研究室及び教員	教育研究分野	頁
	微生物分子機能学 ☆教授 乾 将 行	統合オミックス解析と代謝工学的改変により創製した微生物機能を駆使して、バイオリファイナリー（バイオマス有効利用とバイオ燃料・グリーン化学品生産等）に関する基礎研究・教育を行う。 [キーワード] 微生物学、分子生物学、ゲノム工学、培養工学、メタボローム解析、メタボリックエンジニアリング、システムバイオロジー、高効率バイオプロセス (連携機関名：公益財団法人地球環境産業技術研究機構)	P.88

注) ☆印：客員





# バイオサイエンス領域の概要



NASURA

# 植物細胞機能研究室

<https://bsw3.naist.jp/hashimoto/>



(写真左から)

教授：橋本 隆 hasimoto@bs.naist.jp

助教：加藤 壮英 t-kato@bs.naist.jp

助教：小牧 伸一郎 shini-komaki@bs.naist.jp

## 植物の環境シグナル応答を細胞レベルで掘り下げる

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

バイオサイエンスの基礎知識が必要ですが、学部で修学していない場合でも、本学バイオサイエンス分野講義の基礎科目を履修することにより、研究を始めるにあたって必要な知識が習得できます。

### 研究室の指導方針

各自が担当する研究テーマに関連するバイオサイエンス基礎、専門知識をまず特別講義、論文輪読などで習得します。同時に、研究テーマで使用予定の研究設備、実験機器の使用方法を実習します。研究は基本的には教員の指導の下に行います。1カ月に少なくとも1回は実験結果のとりまとめ、その解釈、今後の実験方針を検討するグループ会議を開催します。また、中間ヒアリングや修士論文発表前には、プレゼンテーション練習を行います。

### この研究で身につく能力

バイオサイエンス分野、特に植物科学分野に関する基礎知識と基盤実験技術を習得します。研究プロジェクトの計画立案、推進、総括能力が育成されるとともに、定期的なグループ会議や関連する研究テーマを担当する学生との議論・技術相互供与などの活動を通して、協調性とグループとしての問題解決能力が身に付きます。さらに、プレゼン能力、論文読解能力が涵養されます。

### 修了生の活躍の場

博士前期課程修了では、バイオ産業のみならず、幅広い企業が対象となります。

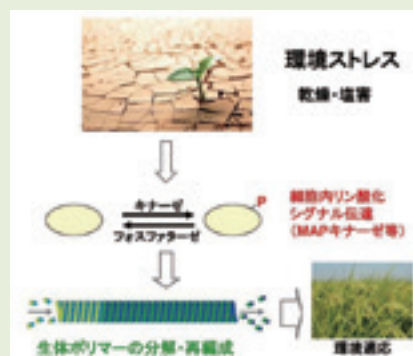
### 研究内容

#### 1) 乾燥・塩ストレスのシグナル伝達機構

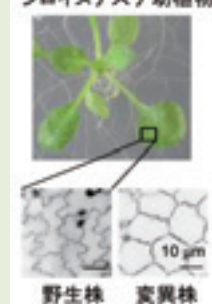
陸上植物や緑藻類は乾燥ストレスや高塩ストレスなどの変動する環境ストレスに常時さらされ、これら外界環境変動を感知し、細胞レベルや個体レベルで適応する能力を進化させてきました。変動する外界ストレスがたんぱく質のリン酸化リレーを介して、細胞骨格を再編成させる環境適応戦略の分子機構を藻類、コケ類、シロイヌナズナなどを用いて研究します。

#### 2) 植物細胞の形づくりとその意義

植物細胞は細長い円柱状(根、茎などの軸器官の表皮細胞)やジグソーパズル様(葉の表皮細胞)などの多様な形態をとる。複雑な細胞形状がどのような分子機構により形成されるのか、また、そのような細胞形に生物学的利点はあるのか、について研究します。シロイヌナズナの細胞形状が異常な変異株を用いて、細胞骨格の役割を中心に細胞の形づくりを調べます。また、細胞にかかる機械ストレスを測定し、細胞形状がもたらす物理的ストレスパターンと形状安定性を調べます。



#### シロイヌナズナ幼植物



### 研究設備

共焦点レーザー顕微鏡、実体顕微鏡、パーティクルガン遺伝子導入装置、ガスクロマトグラフィー、液体クロマトグラフィー、植物栽培チェンバー

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

#### 【最近の研究業績】

- [1] Nakamura and Hashimoto, *Symmetry* **12**, 2056, 2020.
- [2] Wong et al. *Plant Physiol.* **181**, 1535-1551, 2019.
- [3] Yagi et al. *J. Cell Sci.* **131**, jcs203778, 2018.
- [4] Kajikawa et al. *Plant Physiol.* **174**, 999-1104, 2017.
- [5] Thagun et al. *Plant Cell Physiol.* **57**, 961-975, 2016.
- [6] Hotta et al. *Plant Physiol.* **170**, 1189-1205, 2016.
- [7] Hashimoto, *The Arabidopsis Book*, **13**, e0179, 2015

#### 【外部資金】

科学研究費、企業からの受託研究、など

# 植物発生シグナル研究室

https://bsw3.naist.jp/nakajima/



(写真左から)

教授：中島 敬二 k-nakaji@bs.naist.jp

助教：宮島 俊介 s-miyash@bs.naist.jp

助教：郷 達明 goh@bs.naist.jp

分子遺伝学、顕微鏡イメージング・機械学習・数理生物学などを駆使し、環境因子と遺伝的プログラムの相互作用が、植物の成長ダイナミクスを統御するメカニズムを明らかにします。

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

植物の成長や形態発現に興味を持ち、未知の作動原理を自らの手で解明する熱意を持った方、仲間と協働しながら自身の研究テーマに打ち込める方を歓迎します。発生学や細胞生物学の知識があれば開始がスムーズですが、学ぶ意欲があれば必須ではありません。

## 研究室の指導方針

配属後に行う専門書や原著論文の輪読会を通じて専門知識を養います。研究室のプロジェクトと学生の興味に合わせて研究テーマをチューニングします。日常の研究では、学生ごとに助教や研究員などのスタッフが丁寧に指導を行います。ラボでの研究活動に加え、学会発表や学際的な研究会への参加を通じて視野を広げます。就職活動と研究活動の両立にも配慮します。

## この研究で身につく能力

研究実験やゼミでの討論を通じ、論理的な思考能力とコミュニケーション力が身につきます。作物や花卉の育種に必要な分子遺伝学の知識や実験技術、物質生産に必要な遺伝子組み換え技術、生産物の評価に必要な顕微鏡観察技術や統計学的解析手法を身につけることが出来ます。異分野を含めた国内外の研究者との交流や討論を通じ、自ら課題を設定し解決する能力や、学術研究や産業界で新たな価値を創造する能力が身につきます。

## 修了生の活躍の場

大学教員、公立試験場研究員、民間企業（食品、化学、製薬、臨床試験、印刷、製紙、自動車、電機、情報通信）など、社会の様々な分野で活躍しています。

## 研究内容

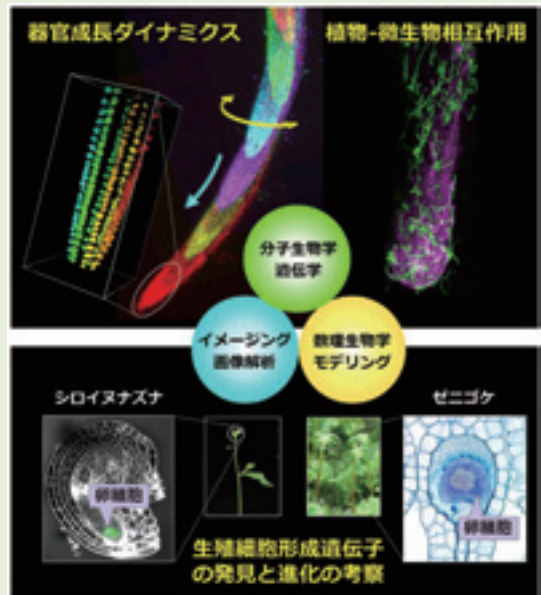
植物発生シグナル研究室では、独自に開発した顕微鏡イメージング技術や、機械学習を用いた画像解析、数理生物学を融合させ、植物の成長ダイナミクスや、生殖細胞の形成機構を明らかにする研究に取り組んでいます。植物は食糧やエネルギー源として人間の生命を支え、地球環境の維持に主要な貢献を果たしています。私たちが取り組む研究は、基礎生物学としての重要性に止まらず、植物の生産力や繁殖力を向上させ、新たな価値を生み出す開発の基盤となるものです。

### 1) 環境因子に応答した器官成長の統御メカニズム

植物の根は、重力、水分、栄養、微生物などの様々な環境因子に応答し、その成長速度や成長方向を自在に変化させます。根の成長は根端部の細胞群の分裂と変形によって制御されていますが、中枢神経系を持たない植物において、個々の細胞のふるまいがどのように統合され、器官として自在な成長を可能にしているかは謎に包まれています。私たちの研究室では、従来の生物学研究の枠を超え、独自の顕微鏡開発や画像データの処理技術、数理生物学に基づくコンピューターシミュレーションなどを駆使し、環境因子に応答した根の成長統御メカニズムを明らかにしようとしています。

### 2) 植物が生殖細胞を作り出す分子的・遺伝的メカニズム

卵や精子などの生殖細胞は、受精に特化した特異な形態と分化全能性を備えています。種子植物の生殖細胞は花の奥深くで短時間のうちに作られるため、その形成機構や関与する遺伝子群はほとんど分かっていませんでした。私たちは種子植物とコケ植物の有性生殖とゲノム情報を比較解析することで、陸上植物の有性生殖を統御する鍵遺伝子を同定しています。これらの遺伝子が司る制御ネットワークを明らかにすることで、植物が生殖細胞を作り出す分子メカニズムと、その進化過程を明らかにしようとしています。



## 研究設備

分子生物学実験機器一式、組織培養用設備、植物栽培設備、顕微鏡設備（共焦点レーザー顕微鏡、蛍光顕微鏡、実体顕微鏡、動物トラッキング顕微鏡、撮影装置など）

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- Miyashima et al., Non-cell-autonomous microRNA165 acts in a dose-dependent manner to regulate multiple differentiation status in the *Arabidopsis* root. *Development*, 138, 2303-2313, 2011.
- Waki et al., The *Arabidopsis* RWP-RK protein RKD4 triggers gene expression and pattern formation in early embryogenesis. *Curr. Biol.*, 21, 1277-1281, 2011.
- Hisanaga et al., Small RNAs as positional signal for pattern formation. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 21, 37-42, 2014.

*Opin. Plant Biol.*, 21, 37-42, 2014.

4. Koi et al., An evolutionarily conserved plant RKD factor controls germ cell differentiation. *Curr. Biol.*, 26, 1775-1781, 2016.

5. Kamiya et al., Control of root cap maturation and cell detachment by BEARSKIN transcription factors in *Arabidopsis*. *Development*, 143, 4063-4072, 2016.

6. Nakajima, Be my baby: patterning toward plant germ cells. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 41, 110-115, 2018.

7. Hisanaga et al., A *cis*-acting bidirectional transcription switch controls sexual dimorphism in the liverwort. *EMBO J.*, 38, e100240, 2019.

8. Miyashima et al., Mobile PEAR transcription factors integrate positional cues to prime cambial growth. *Nature*, 565, 490-494, 2019.

9. Hisanaga et al., Building new insights in plant gametogenesis from an evolutionary perspective. *Nature Plants*, 5, 663-669, 2019.



# 植物代謝制御研究室

<https://bsw3.naist.jp/demura/>



(写真左から)

教授：出村 拓 demura@bs.naist.jp

助教：國枝 正 kunieda-t@bs.naist.jp

助教：中田 未友希 miyuki-t-nakata@bs.naist.jp

## 持続可能な社会づくりに向けて植物のいきざまを理解し活用する

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

生命現象に潜む謎に興味をもち、その解明に向けて主体的に研究に取り組んでいける“やる気”が重要です。生物学の一般的な基礎知識に加えて、植物生理学や分子生物学、統計学の知識・経験があると研究をスムーズに開始できます。

### 研究室の指導方針

当研究室では、基礎から応用までの研究を幅広く展開しており、学生が担当する研究テーマも多岐に渡っています。様々なバックグラウンドをもった研究室メンバーと議論することで、知識の裾野を広げながら、学生が自身の研究を論理的に理解し、発展させていけるように指導を行っています。また、週1回の研究室ミーティングをはじめ、留学生との会話や海外研究者との交流などで日常的に英語に触れる環境づくりに力を入れています。この環境を活かして、これからの社会に必要な不可欠な英語力を向上させ、国際的に活躍できる人材の育成を目指しています。

### この研究で身につく能力

今日の生物学において、“遺伝子”は欠かせないキーワードです。当研究室で研究を行うことにより、植物の細胞分化における遺伝子の働きを、分子や細胞、個体、ひいては進化といったマイクロからマクロにかけての様々な視点で理解できるようになります。研究室で実際に従事する実験では、ミクロン単位の微小な細胞を操作する技術や、オミクス解析から得られる大量データを扱うための情報解析力など身につけることができます。また、研究を進める過程で、論理的思考がトレーニングされることは言うまでもありません。研究室での日々のディスカッションや共同研究、国内外の学会発表等を通して、コミュニケーションやプレゼンテーションといった社会に出てから役立つ能力を養うことができます。

### 修了生の活躍の場

食品関連企業、薬品企業、情報関連企業、公務員(高校教員、県職員)、研究職など

### 研究内容

持続可能な社会の構築に向けて、エネルギー生産、環境再生、食糧増産に役立つ植物の創出と活用に関する研究と教育を行っています。モデル植物や実用植物を材料とした分子生物学的研究や構造力学解析の結果をもとに、木質バイオマスの制御や力学的最適化、物質輸送制御のメカニズムを解明し、有用バイオマス植物作出につながる新規バイオテクノロジーの開発を進めます。

#### 1) 有用バイオマス植物の開発

様々なモデル研究システム(シロイヌナズナや培養細胞)を用いて、木質バイオマスを構成する木質細胞の分化を制御するしくみの解明に取り組んでいます。とくに、オミクス(ゲノム、トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボローム)情報をベースにした統合的な解析により、木質細胞の一種である道管細胞の分化や、木質バイオマスの本体である植物細胞壁の生合成を制御する遺伝子の発現に成功しています(図1)。木質バイオマスを改良したモデル樹木の開発や、コケ植物などの多様な植物種を用いた進化発生的研究にも取り組んでいます。これらを通じ、有用バイオマス植物作出に向けた汎用性の高い基盤技術の開発研究を推進しています。

#### 2) 植物の力学的最適化メカニズムに基づく基盤技術の開発

植物は発生や環境応答の過程で自らの身体構造を力学的に最適な形へと変化させています。この植物の力学的最適化システムを、さまざまなスケール(生体分子-細胞-組織-個体)で解析し、そのメカニズムの解明を進めています。原子間力顕微鏡AFMを用いた力学特性解析や、タイムラプス撮影カメラ・マイクロX線CT・IoT機器(Raspberry Piなど)を用いた3D・4D構造特性解析、これらと数理解析を組み合わせた構造力学解析に取り組んでいます。得られた研究成果をもとに、植物の高機能化といった次世代バイオ基盤技術の確立をはじめ、地震や台風、四季の温度差など日本という国土固有の多様な環境因子に調和したサステナブル建築への応用展開を目指しています。

#### 3) 植物の膜系細胞小器官による物質輸送制御

植物細胞で物質を効率的に生産させるためには、生合成反応の向上に加えて、産生された物質が細胞内において、「いつ」、「どこに」、「どのように」して合成、運搬、蓄積されるかの時空間的な制御メカニズムの理解が必要不可欠です。細胞内で合成された植物細胞壁の構成成分が細胞外へと分泌されることに着目して、その分泌を支えるための膜系細胞小器官による物質輸送制御の仕組みを明らかにすることに取り組んでいます。得られた成果を踏まえながら、細胞内物質輸送をコントロールする基盤技術の開発を目指しています。

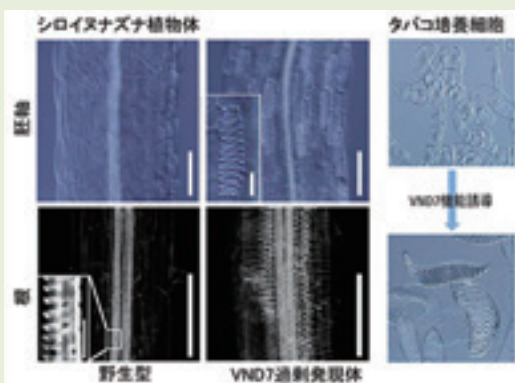


図1. 道管細胞分化のマスター転写制御因子VND7。当研究室ではVND7の活性化による道管細胞分化誘導実験系を確立しています。この系を用い、植物細胞壁の生合成や制御に係る遺伝子の解明に取り組んでいます。

### 研究設備

共焦点レーザー顕微鏡、原子間力顕微鏡、蛍光顕微鏡、マイクロX線CT、クリップメーター、1分子蛍光分析システム、熱分解GC/MSシステム、液体クロマトグラフィーシステム、ルミノ・イメージアナライザーなど

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

#### ●研究業績

1. Kunieda T. et al., *Plant Cell Physiol.*, 61, 308-317, 2020
2. Akiyoshi N. et al., *Tree Biol.*, 40, 704-716, 2019

3. Hirai R. et al., *Plants*, 9, 39, 2019
4. Tamura T. et al., *Plant J.*, 100, 298-313, 2019
5. Takenaka Y. et al., *Plant Cell*, 30, 2663-2676, 2018
6. Tan T. et al., *Plant Physiol.*, 176, 773-789, 2018
7. Ohtani M. et al., *Plant Physiol.*, 172, 1612-1624, 2016
8. Xu B. et al., *Science*, 343, 1505-1508, 2014

#### ●外部資金

科学研究費補助金新学術領域研究「植物の力学的最適化戦略に基づくサステナブル構造システムの基盤創成」(領域代表)他、科学研究費補助金「基盤研究」各種、および企業との共同研究費など

# 植物成長制御研究室

<https://bsw3.naist.jp/umeda/>



(写真左から)

教授：梅田 正明 [mumeda@bs.naist.jp](mailto:mumeda@bs.naist.jp)

助教：高橋 直紀 [naoki@bs.naist.jp](mailto:naoki@bs.naist.jp)

助教：安喜 史織 [aki@bs.naist.jp](mailto:aki@bs.naist.jp)

**植物の成長の仕組みを理解することが、食糧やバイオマスを増産するためのブレークスルーにつながります。植物がもつ隠れたパワーを一緒に発見し、持続可能な社会の実現に貢献しましょう！**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

細胞・分子生物学の基礎知識があるに越したことはありませんが、学ぼうとする意欲があればバックグラウンドは問いません。実際、私たちの研究室には化学系など、他分野出身の学生も多数在籍しています。

## 研究室の指導方針

研究テーマを決める段階から学位論文の作成に至るまで、教員や研究員が1対1で指導します。実験を進めるのに必要な技術や考え方は教員が丁寧に指導するので、私たちの研究分野に関する知識が足りなくてもスムーズに実験をスタートさせ、各自の力を伸ばすことができます。研究において何が重要な問いかを教員とともに探っていく中で、卒業後に役立つ論理的な思考力や問題探求力を養います。

## この研究で身につく能力

文献調査などで得られる情報をもとに仮説を立て、それを検証する、という過程を繰り返すことで、論理的思考力や問題探求力が鍛えられます。また、教員や研究室メンバーと議論を重ねることで、ディスカッション能力が向上します。研究室セミナーだけでなく、様々な研究会や国内外の学会で発表する経験を積むことで、プレゼンテーション能力も向上します。私たちの研究室には留学生が在籍しており、また、海外の学生や研究者が短期で訪問することも多いので、日常的に英語と触れ合うことで英語力が自然と鍛えられます。私たちの研究室で身につくこれらの能力は、社会で活躍するために必要不可欠なものです。

## 修了生の活躍の場

多くの修了生が、食品系や化学系を中心に、公務員、商社、小売業など様々な業種に就き、活躍しています。また、研究者として海外や国内の研究の最前線で活躍している卒業生もいます。

## 研究内容

増え続ける二酸化炭素排出量の削減は喫緊の課題ですが、主な二酸化炭素吸収源である植物はその課題解決に向けて大きな役割を担っています。私たちの研究室では、変動する環境下で植物が成長を続ける仕組みを理解することにより、バイオマスを増産するための技術開発を進めています。これにより、二酸化炭素吸収量の増大や食糧増産をもたらす新規技術を提案し、持続可能な社会の実現に貢献しようとしています。

### 1) DNA倍加の誘導機構

DNA倍加は、個々の細胞に含まれるDNA量が倍々に増えていく現象です。多くの植物はDNA倍加により細胞サイズを大きくし、器官を成長させます。一方で、樹木のようにDNA倍加を全く起こさない植物も存在し、DNA倍加能を決める要因については不明のままです。最近私たちは、DNA倍加を起こさない植物でもクロマチン構造を緩めるとDNA倍加が誘発されることを見出しました。そこで現在、その背景にあるDNA倍加誘導の分子メカニズムについて解析するとともに、DNA倍加を誘発するような化合物を探索することにより、食糧やバイオマス増産に結びつく技術開発を行っています。

### 2) 環境ストレスに応答した細胞増殖の制御機構

植物はストレスを感じると成長を止め、ストレスへの対処に多くのエネルギーを使おうとします。そのため、個々のストレスに強い作物を作っても、ストレスによる成長抑制はそのまま起き、作物の生産性は上がりません。私たちは最近、植物がさまざまなストレスに応答して細胞増殖を抑える仕組みを発見しました。この制御系を阻害すると、ストレスに応答した成長抑制が起きなくなります。現在の仕組みの詳細を解明するとともに、この制御系を改変することにより、ストレスに曝されても成長を止めないスーパーストレス耐性植物を作ろうとしています。

### 3) 植物の幹細胞の増殖・維持機構

植物は一生を通じて幹細胞を体中に増やし、維持することにより、器官形成を続けます。これは植物に長寿命性をもたらす要因の一つでもあり、動物にはない特徴です。私たちは、植物が幹細胞やそのゲノムを維持する機構について明らかにするために、分子細胞生物学や遺伝学の手法だけでなく、最新のライブイメージング技術や1細胞解析も駆使して研究を進めています。



## 研究設備

- ・共焦点レーザー顕微鏡
- ・縦置き型共焦点レーザー顕微鏡
- ・蛍光顕微鏡
- ・微分干渉顕微鏡
- ・実体顕微鏡
- ・赤外レーザー誘起遺伝子発現装置
- ・フローサイトメーター
- ・マルチモードプレートリーダー
- ・マイクロスライサー
- ・クロマトグラフィシステム

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

### ●研究業績

1. Shimotohno et al., *Annu Rev Plant Biol*, in press
2. Watanabe et al., *Proc Natl Acad Sci USA*, 117, 31500-31509, 2020
3. Takahashi et al., *eLife*, 8, e43944, 2019
4. Umeda et al., *Curr Opin Plant Biol*, 51, 1-6, 2019
5. Takatsuka et al., *Plant Physiol*, 178, 1130-1141, 2018
6. Ogita et al., *Plant J*, 94, 439-453, 2018
7. Chen et al., *Nature Commun*, 8, 635, 2017
8. Ueda et al., *Genes Dev*, 31, 617-627, 2017
9. Weimer et al., *EMBO J*, 35, 2068-2086, 2016
10. Kobayashi et al., *EMBO J*, 34, 1992-2007, 2015
11. Yin et al., *Plant J*, 80, 541-552, 2014
12. Yi et al., *Plant Cell*, 26, 296-309, 2014
13. Nobusawa et al., *PLoS Biol*, 11, e1001531, 2013
14. Takahashi et al., *Curr Biol*, 23, 1812-1817, 2013

### ●外部資金

- ・新学術領域研究「植物の生命力を支える多能性幹細胞の基盤原理」(領域代表：梅田正明)



# 花発生分子遺伝学研究室

<https://bsw3.naist.jp/ito/>



(写真左から)

教授：伊藤 寿朗 itot@bs.naist.jp  
 助教：山口 暢俊 nobuy@bs.naist.jp  
 助教：白川 一 shirakawa@bs.naist.jp  
 助教：和田 七太子 yu-wada@gtc.naist.jp

## 人生を変える花研究。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

「植物を育てるのが楽しい」というのが、必須条件です。分子生物学の基礎知識となにより、熱心に取り組む姿勢を期待します。さらに、「何かを成し遂げたい」と果敢に挑む強い気持ちも大切です。

### 研究室の指導方針

研究室配属後、じっくり時間をかけて研究テーマを決定します。研究室内のプロジェクトを一通り学習した後、実際のテーマは、学生の希望にもとづき、スタッフによる適性判定も踏まえて決定します。修士1年の終わりには、学会（年末に開催される日本分子生物学会）での発表を行ってまいります。修士の1年目で、研究者としてのスタートダッシュを決めることで、ワークライフバランスを取りながら、就職、研究活動を円滑に進めることを目指します。

### この研究で身につく能力

修士の間に、植物分子遺伝学における実践能力を身につけます。植物バイオ基礎研究を通して問題に真摯に取り組み、解決していく能力を養います。これによりアカデミックのみならず、企業においても応用力、実行力を発揮することのできる人材の育成を行います。さらに、複数の留学生との研究議論を通して、国際感覚を養います。博士課程に進学する学生には、特定の実験系のみならず、現代の植物科学研究を包括的に理解する能力、自らの力で実験をデザインして、喫緊の課題を遂行していける能力、国際会議に参加して発表、議論する能力、英語論文を書き上げる能力が身につくような指導を行います。

### 修了生の活躍の場

食品、医薬品、化粧品などの製造業および研究開発職

### 研究内容

穀物や野菜、果物はすべて植物がつける花から形成されています。つまり、花の産物がなければ、私たちは生きていくことができません。果実や種子が正常に形成されるためには、自己複製能、多分化能を持つ幹細胞が適切な時期に停止される必要があります。幹細胞の増殖と分化に関わる遺伝子の転写制御に影響を及ぼす「エピジェネティック修飾」「植物ホルモン」の解析をとおり、花の形づくりの仕組みを明らかにします。また、外部環境の変化などが植物に及ぼす影響を調べることで、以下に詳述する今後の食料安定供給問題の解決につながる研究を、研究室が一丸となって行っています。

#### 1) 幹細胞の増殖抑制と細胞分化の制御機構

花幹細胞の増殖は多くの転写因子による複数の遺伝学的な経路により抑制されています。それらの転写因子のターゲット遺伝子を同定し、時空間特異的な発現制御機構とターゲット因子の作用機構の研究を行います。これにより、花幹細胞の増殖抑制経路における植物ホルモンおよびエピジェネティックな制御機構を解明していきます。さらに花幹細胞の増殖制御にかかわる細胞間の情報伝達を行うリン酸化を介したシグナルが、最終的にどのように核内に伝達され、エピジェネティックな遺伝子の発現に影響を与えるのかを解析します。可視化解析、数理解析、合成生物学的解析を含めた包括的な解析により、花幹細胞の制御における調和と可塑性、頑強性の機構を分子レベル、細胞レベル、個体レベルで理解することを目指します。

#### 2) 環境応答と順化機構

植物は、動物とは異なり、環境変動に対して非常に柔軟に応答し、その環境に適応します。高温条件下で活性の高まるヒストン修飾酵素の作用機構などに着目し、植物が環境に対応して、その情報を記憶してメリステムの挙動、分化の様式を変換する機構および、記憶が消去される機構の解明を目指します。さらにこれらの知見を利用して、農業的な視点からより効率的な農作物の開花、結実時期の調節を可能とする基盤技術の構築も目指します。

#### 3) 優劣性をつかさどる制御機構

異なる親同士を交配して得られる雑種第一代は親よりも優れた形質を示すという雑種強勢が見られます。また、アブラナ科植物の自家不和合性に関わる花粉因子には、複雑な優劣性が存在します。遺伝子機能や発現の優劣性を決定するエピジェネティック機構の解明を目指します。



野生型のシロイヌナズナの花(左)と、変異体の花(右)。変異体では幹細胞の増殖が止まらず、花びらだけが増加し続けてしまい、果実や種子ができなくなる。

### 研究業績

- 1) Wang et al., *Frontiers in Plant Sci.*, doi.org/10.3389/fpls.2020.600726, 2020
- 2) Sun et al., *Plant Cell*, 31, 1488-1505, 2019
- 3) Wu et al., *Plant, Cell & Environment*, 42, 2198-2214, 2019
- 4) Yamaguchi et al., *Nature Commun.*, 9, 5290, 2018
- 5) Guo et al., *Frontiers Plant Sci.*, 9, 555, 2018
- 6) Xu et al., *EMBO J.*, 37, e97499, 2018
- 7) Uemura et al., *Plant Reprod.*, 31, 89-105, 2018
- 8) Yamaguchi, Huang et al., *Nature Commun.*, 8, 1125, 2017
- 9) Yasuda, Wada, Kakizaki et al., *Nature Plants*, 3, 16206, 2016
- 10) Yamaguchi et al., *Plant Physiol.*, 170, 283-293, 2016

- 11) Guo et al., *Plant Cell & Physiol.*, 56, 830-842, 2015
- 12) Sun et al., *Science*, 343, 1248559, 2014
- 13) Gan et al., *Nature Commun.*, 5, 5098, 2014
- 14) Xu et al., *Nucl. Acids Res.*, 42, 13749-63, 2014

### 共同研究・社会活動・外部資金など

京都大、九州大、名古屋大、東工大、理化学研究所などの国内の大学、研究機関の他、Univ. of Pennsylvania, Univ. of Georgia, National Univ. of Singapore, Univ of Birminghamなど、欧米アジア各国の有力大との共同研究を行っています。現在、博士学生6名、修士学生12名、研究指導スタッフ4名(教授1、助教3)、技術補佐7名のメンバーで、科研費基盤A、新学術領域公募班、挑戦的研究(萌芽)、複数の財団からの外部資金の支援を受け、活発に研究を行っています。



# 植物生理学研究室

https://bsw3.naist.jp/endo/



(写真左から)

教授：遠藤 求 endo@bs.naist.jp

助教：久保田 茜 akanek@bs.naist.jp

助教：高橋 望 nozomu.takahashi@bs.naist.jp

## 植物における「時間」の理解と制御

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

主に植物を扱うため、基本的な生物学の知識があるとアドバンテージになります。プログラミングや数学、モノづくり、アイデアマンである等、なにか得意とすることがあると、それを活かした研究ができると思います。

### 研究室の指導方針

何が問題であるかを理解し、それに対する適切な検証方法を設定するためには、論文による学習が必須となります。論文紹介や勉強会を通じて時間生物学やその周辺分野の基礎知識と一緒に学んでいきます。また、様々な背景と目的を持った学生の一人ひとりの目的に合わせたゴールを設定し、そこに向かって必要なものを他のメンバーとのディスカッションや学習を通じて獲得できるように、サポートします。さらに、自分の研究内容をうまく伝えられるよう、わかりやすく説得力のあるプレゼンテーションやライティングの能力向上を目指します。

### この研究で身につく能力

専門知識だけでなく日々の生活で活用できる実践的なスキルを学ぶことができます。大学院で学んだ専門知識のほとんどは卒業後に利用されないかもしれませんが、仮説の生成や論理的思考といった科学的な態度は社会人としての合理的な意思決定に役立つと考えています。特に、大学院およびそれ以降のキャリアでは、問題を解く方法を知るだけでなく、解く価値のある問題を見つけることが非常に重要です。研究活動を通じて、ビジネスであろうとサイエンスであろうと本当に優れた知的生産には共通する手法が存在することを一緒に学んでいきます。

### 修了生の活躍の場

修了生の就職先はコンサルタント会社、化粧品・医薬品の技術職、IT企業のSE職・営業職、アカデミアでの研究者等です。パイオ関係だけではなく、研究職を含め、幅広い業種で活躍できる人材の育成を目指しています。

### 研究内容

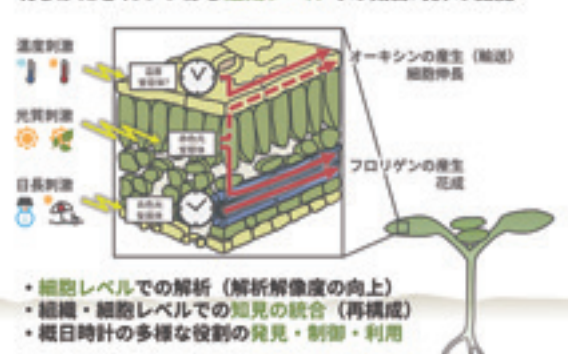
#### 1) 概日時計を介した光周性花成 (季節変化に応じた花芽形成)

概日時計による光周性花成の制御メカニズムはこれまで主に実験室条件で研究されており、野外環境での制御メカニズムの理解や農作物の生長制御に向けた取り組みは遅れています。概日時計を介した季節変化による花芽形成の仕組みを温度や栄養、光質といった、これまであまり考慮されてこなかった要因も含めて総合的に理解することを目指します。さらに、概日時計を標的として効率的に花成時期を制御する方法を探ります。

#### 2) 概日時計のさまざまな役割

概日時計は多くの遺伝子発現を制御しているにも関わらず、これまで主に成長制御と花成制御についてしか見られてきませんでした。私たちは、概日時計がこれらの制御以外にも分化や光シグナル伝達、生殖、発生、時差ボケなどさまざまな現象に関わっていることを見出しています。トランスクリプトーム解析や接ぎ木などさまざまな技術を用いて、1細胞レベルから組織・器官レベルまでのさまざまなスケールにおいて、概日時計がどのようにして多様な制御を実現しているのかを明らかにしようとしています。

#### 明らかにされつつある組織レベルでの概日時計の機能



### 研究業績

- [1] Chen WW\*, Takahashi N\* et al. (2020) A mobile ELF4 delivers circadian temperature information from shoots to roots. *Nature Plants* 6, 416-426.
- [2] Haraguchi K, Torii T, Endo M. (2020) Maximum weighted matching with few edge crossings for 2-layered bipartite graph. *Discrete Applied Mathematics* 287, 40-52.
- [3] Torii K, Kubota A, Araki T, Endo M. (2020) Time-Series Single-Cell RNA-Seq Data Reveal Auxin Fluctuation during Endocycle. *Plant Cell Physiol.* 61(2), 243-254.
- [4] Endo M, Yoshida M, Sasaki Y, Negishi K, Horikawa K, Daimon Y, Kurotani KI, Notaguchi M, Abe M, \*Araki T (2018) Reevaluation of florigen transport kinetics with separation of function mutations that uncouple flowering initiation and long-distance transport. *Plant Cell Physiol.* 59, 1621-1629.
- [5] Song YH\*, Kubota A\* et al. (2018) Molecular basis of flowering

under natural long-day conditions in Arabidopsis. *Nature plants* 4, 824-835. (\*, equally contributed)

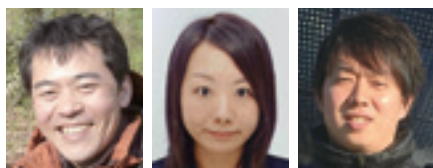
- [6] Endo M, Shimizu H, Araki T. (2016) Rapid and simple leaf tissue isolation in Arabidopsis thaliana. *Nature Protocols.* 11, 1388-1395.
- [7] Shimizu H, Katayama K, Koto T, Torii K, Araki T, Endo M. (2015) Decentralized circadian clocks process thermal and photoperiodic cues in specific tissues. *Nature Plants* 1, 15163.

### 共同研究・社会活動・外部資金など

京都大、東京大、中部大、神戸大、小樽商大など国内の大学の他、University of California Davis、University of Washingtonなど海外の大学とも共同研究をおこなっています。現在、博士学生2名、修士学生8名、研究指導スタッフ3名(教授、助教2)、技術補佐2名のメンバーで、科研費新学術領域計画画班、セコム財団など複数の外部資金支援を受け研究を行っています。

# 植物免疫学研究室

https://bsw3.naist.jp/saijo/



(写真左から)

教授：西條 雄介 saijo@bs.naist.jp

助教：館田 知佳 c-tateda@bs.naist.jp

助教：安達 広明 adachi.hiroaki@bs.naist.jp

**植物は、ヒトと同様に高度に発達した免疫システムを持ち、多種多様な微生物を体内に宿すと同時に病原菌の増殖を阻止しています。植物が免疫システムや微生物共生を調節する仕組みや微生物が植物に感染・共生する仕組みなど、植物の免疫・共生について一緒に研究しませんか。**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

分子生物学や植物生理学、微生物学等の基礎知識が重要ですが、それらは入ってから学ぶのもOKです。せっかく奈良先端大に來たのなら分野を変えるのも面白いと思います。これこそバイオサイエンス!と言うべき生物間相互作用に惹かれる方、植物や農作物、微生物に触れるのが好きな方、あるいはデータサイエンスやフィールドワークが好きな方など、いろいろな切り口から楽しめる分野です。

## 研究室の指導方針

研究テーマは、複数の方向性を試す中で進捗や適性も見極めながらゴールを定めて進めていきます。また、良いサイエンスを進めるには仲間と積極的に意見交換したり共同作業したりすることも大切ですので、教員や先輩に対しても気軽に議論できる環境作りを行っています。卒業後も職種や分野にかかわらず通用するような実力を磨いたり、何かしら達成感や自信を得たりして巣立ってもらえればと考えています。

## この研究で身につく能力

植物(シロイヌナズナ・イネ・トマト等)を材料とした分子生物学・生化学などの基本的な実験スキルに加えて、特に当研究室では、微生物の培養・接種などの実験・解析スキル、並びにオミクス解析に用いるデータ解析スキルなどです。留学生も交えたラボミーティング、国内外のラボとの共同研究を通して、英語を含めたプレゼンスキルも磨くにも良いラボ環境です。挙げていけばいろいろありますが、一番重要なと思うのはポジティブシンキングです。

## 修了生の活躍の場

研究職(博士研究員、農研機構)

食品、グリーンバイオ(種苗・育種・園芸)、情報通信系

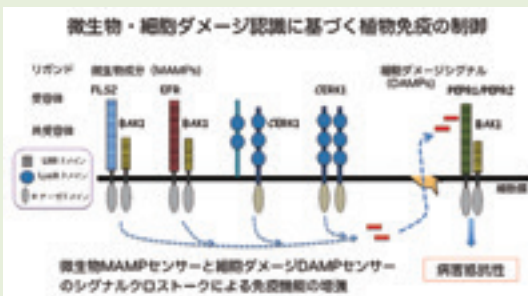
## 研究内容

植物が生きていくためには、環境中や体内に生息する微生物と上手にやっつけていく必要があります。植物は、抗体に代表されるような獲得免疫を持たず、一定数の免疫受容体(自然免疫)で急速に進化し得る多種多様な微生物に対応しています。①細胞表面で微生物成分や自らの細胞ダメージを感知するパターン認識受容体や、②細胞内で病原菌の感染促進因子の認識や免疫シグナル制御に働くNLR受容体があり、それらを状況に応じて精巧に組み合わせることで、病原菌の感染・増殖を防ぐ一方で、ヒトの腸内細菌と同様に、多数の共生菌集団(マイクロバイオーーム)を体内に宿して「持ちつ持たれつ」の関係構築を可能にしていると考えられています。

私たちは、植物の免疫・共生の研究を通して、植物が病原菌から身を守りながら「微生物共生体」として生命活動を進める仕組みを明らかにしていきたいと考えています。植物-微生物共生体は、生物の共進化や植物の環境適応機構を研究していく上でも格好の素材となっています。実際、植物の病害は、水害など環境ストレスにさらされると発生しやすくなる一方で、共生菌への依存度もやはり栄養不足など環境ストレスによって高まります。このことから、植物が環境変化に応じて免疫システムや共生を調節する仕組み(と同時に微生物の方にも環境変化に応じて「ふるまい」を変える仕組み)が存在することは容易に予想されますが、実体はよくわかっていません。そこで、植物の環境センサーと免疫システムの分子リンクや微生物が環境条件に応じて感染戦略を変える仕組みなどに着目して、植物-微生物-環境因子の関係性について研究を進めています。

さらに、植物がどのような微生物を選んで体内に共生させているか、共生マイクロバイオーームの実態や役割に迫るとともに、有用共生菌を同定して環境保全型農業に活用する技術の開発にも取り組んでいます。

これらの研究を通して、SDGs(Sustainable Development Goals)の達成に貢献することも目指しています。



## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究業績(論文発表)

- [ 1 ] Okada et al, New Phytologist, in press 2020
- [ 2 ] Saijo & Loo, New Phytol. 225, 87-104, 2020
- [ 3 ] Shinya et al, Plant J. 94, 626-637, 2018
- [ 4 ] Saijo et al, Plant J. 93, 592-613, 2018
- [ 5 ] Yasuda et al, Curr Opin Plant Biol. 38, 10-18, 2017
- [ 6 ] Ariga et al, Nature Plants. 3, 17072, 2017
- [ 7 ] Yamada et al, Science, 354, 1427-1430, 2016

[ 8 ] Espinas et al, Front. Plant Sci. 7, 1201, 2016

[ 9 ] Hiruma et al, Cell, 165, 464-474, 2016

[ 10 ] Yamada et al, EMBO J., 35, 46-61, 2016

[ 11 ] Ross et al, EMBO J., 33, 62-75, 2014

[ 12 ] Tintor et al., Proc Natl Acad Sci U S A, 110, 6211-6216, 2013

[ 13 ] Serrano et al., Plant Physiol., 158, 408-422, 2012

[ 14 ] Lu et al., Proc Natl Acad Sci USA, 106, 22522-22527, 2009

[ 15 ] Saijo et al., EMBO J., 28, 3439-3449, 2009

[ 16 ] Saijo et al., Mol. Cell, 31, 607-613, 2008

[ 17 ] Shen et al., Science, 315, 1098-1103, 2007



# 植物共生学研究室

https://bsw3.naist.jp/yoshida/



(写真左から)

教授：吉田 聡子 satokoy@bs.naist.jp

助教：Songkui Cui songkuic@bs.naist.jp

特任助教：稲葉 尚子 (写真なし)

## 寄生植物の謎を解き明かし、世界の食糧問題に貢献を

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

新しいことに挑戦する意欲。知的好奇心を持ってじっくりとひとつのことに取り組む力。多少の失敗にもめげない力。考えることを楽しむ力。分子生物学、生化学、生態学等の生物学に関する知識があるとなお良い。変な植物が好きなお人も歓迎します。

### 研究室の指導方針

当研究室では寄生植物と宿主植物の相互作用の分子メカニズムの解明を目指しています。まだ新しい分野で分かっていないことが多いです。個々の興味とアイデアを重視し、新しいことに挑戦するマインドを大切にします。未解決な問題に自由な発想で取り組み、結果を科学的なデータで示して人に伝える力を鍛えます。研究活動を通じて、新しい発見をする喜びと客観的かつ論理的な思考の大切さを学びます。生物学初心者には、配属後に基本的な実験の実習をおこないます。

### この研究で身につく能力

分子遺伝学、細胞生物学やゲノム科学的手法を駆使して研究に取り組むことで、バイオ分野に必要な基礎知識や専門技術を習得します。具体的には、顕微鏡等の光学機器の取り扱い、シーケンス解析、バイオインフォの基礎知識などを身につけます。研究における課題の設定から実験の立案、結果の評価と解釈、次の課題の設定というサイクルを通して、自主的にプロジェクトを推進する能力を身につけます。データを科学的かつ論理的に人に説明するプレゼンテーション能力を鍛錬します。

### 修了生の活躍の場

農業化学系メーカーなど

### 研究内容

一般的に高等植物は、太陽の光を浴びて光合成をし、自身の成長に必要な有機栄養を作り出していますが、全く違う方法で生きている植物があります。全ての高等植物の約1%にあたる寄生植物は、宿主植物に寄生して、栄養を奪って生活しています。中でも、ハマウツボ科の絶対寄生植物であるストライガやオロバンキは、穀物や野菜に寄生し、アフリカやヨーロッパを中心に甚大な農業被害をもたらしています。しかし、寄生植物の寄生の分子メカニズムはまだほとんど分かっていません。寄生植物はなぜ寄生できるようになったのでしょうか？どうしたら寄生雑草の被害を減らすことが出来るのでしょうか？寄生植物の謎を解明する研究に取り組んでいます。

#### 1) 吸器形成遺伝子の単離と解析

ハマウツボ科寄生植物は、宿主植物の根に近づく“吸器”と呼ばれる侵入器官を自身の根に発達させ、宿主の根に侵入し、導管をつなげて宿主から水や栄養を奪います。私達は、ハマウツボ科条件の寄生植物であるコシオガマの変異体ラインを整備し、吸器形成に異常がある変異体を単離しています。変異体の解析と次世代シーケンサーを用いたゲノム解析によって、吸器形成に必要な遺伝子の単離を行っています。遺伝子の機能解析を通して、寄生の分子メカニズムに迫ります。

#### 2) 植物間の低分子化合物を介したコミュニケーション

宿主植物と寄生植物は、土壌中で低分子化合物を通じたコミュニケーションを行っています。絶対寄生植物のストライガは宿主が分泌したストリゴラクトンを認識して発芽します。ストリゴラクトンは植物の枝分かれや相利共生菌の活性化を制御する植物ホルモンであり、ストライガは、宿主植物の生長や生存に有利な物質を悪用して宿主を見つけていると考えられます。発芽以外にも、吸器の形成や伸長に宿主植物由来の低分子化合物が関わっています。植物間のコミュニケーションにどのような物質が関わり、どのような機構で作用しているかを研究します。

#### 3) 寄生植物ゲノムはどう進化したか？

近年の次世代シーケンシング技術革新をうけて、植物ゲノムの解読はより身近なものになってきました。私達は、ストライガとコシオガマの全ゲノムシーケンスをおこない、寄生植物ゲノムの特徴を調べました。寄生植物は水平伝播によって宿主から遺伝子をもらっていること、ストリゴラクトン受容体遺伝子が重複していることなど、様々なことが分かってきました。どうやって植物は新しい遺伝子を得て、増やし、新しい形質を獲得するのか？ゲノムの変遷をバイオインフォマティクスを用いて解析します。



図1. スーダンのソルガム畑に侵入したストライガ (ピンクの花)

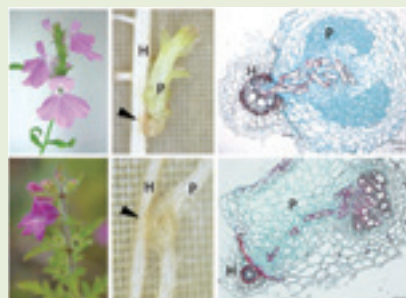


図2. ストライガ (上段)、コシオガマ (下段) の寄生の様子。P:寄生植物、H:宿主植物

### 研究設備

実体蛍光顕微鏡、倒立蛍光顕微鏡、リアルタイムPCR、ゲル撮影装置、Linuxサーバなど

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- [1] Yoshida, S. et al. *Curr. Biol.* 29, 3041-3052, 2019
- [2] Wada, S. et al. *Front Plant Sci.* 10, 328, 2019
- [3] Cui, S. et al. *New Phytol.* 218, 710-723, 2018
- [4] Ishida, J.K. et al. *Plant Cell*, 28, 1795-1814, 2016
- [5] Yoshida, S. et al. *Annu. Rev. Plant Biol.* 67, 643-667, 2016
- [6] Cui, S. et al., *Plant Physiol.* 170, 1492-1503, 2016
- [7] Conn, C. et al., *Science*, 349, 540-543, 2015
- [8] Mutuku, M. et al., *Plant Physiol.* 168, 1152-1163, 2015
- [9] Yoshida, S. and Shirasu, K., *Curr. Opin. Plant Biol.* 15, 708-713, 2012
- [10] Yoshida, S. et al. *Science*, 328, 1128, 2010



# バイオエンジニアリング研究室

https://bsw3.naist.jp/ko-kato/



(写真左から)

教授：加藤 晃 kou@bs.naist.jp

助教：山崎 将太郎 s-yamasaki@bs.naist.jp

**バイオテクノロジーによる社会貢献に向けて、特に植物の遺伝子発現制御機構を理解し、有用物質生産に活用する。**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

学部卒業後、就職するのではなく大学院で更なるスキルアップを目指すという気概が重要です。一般的な生物学の基礎知識に加えて、分子生物学、統計学の知識・経験があると研究をスムーズに開始できます。

## 研究室の指導方針

当研究室では、遺伝子発現制御機構を理解し、その知見をバイオテクノロジーに活用する研究、特に有用遺伝子を効率的に発現させるための基盤技術開発を行っています。学生自身が研究を論理的に理解し、知識の裾野を広げ発展させていけるように指導を行っています。また、定期的な研究室ミーティングをはじめ、共同研究等を実施している多くの研究者・実務者を産業界から招き、バイオサイエンスに関連する様々な分野や企業での研究開発に必要な知識を紹介します。これらの指導を通して、低成長・グローバル社会で幅広く活躍できる人材の育成を目指しています。

## この研究で身につく能力

社会のニーズや諸問題が高度化し、複合化している現在、幅広い視野・知識を持った社会人・研究者が求められています。そのためには、専門教育に加えて、人間として備えておくべき倫理観、論理的な思考力、積極的な行動力、総合的な判断力、豊かな言語表現能力を養うことも必要です。当研究室での研究活動により、一般的な分子生物学に関する技術およびデータ分析能力に加えて、次世代シーケンサー等を用いた大規模データを解析するための情報処理技術および機械学習に関連するスキルが身につきます。また、研究室でのディスカッションや共同研究、国内外の学会発表等を通して、コミュニケーションやプレゼンテーション能力を養うことができます。

## 修了生の活躍の場

製薬企業、食品関連企業、化学関連企業、情報関連企業、公務員(高校教員、県職員)、研究職など

## 研究内容

高等植物では各種の遺伝子導入技術が開発され、有用遺伝子組換え植物や培養細胞を作出する試みが盛んに行われています。例えば、食料増産、未利用地での生育、環境浄化、工業原料、燃料あるいは医薬品などの有用タンパク質生産などです。研究室では、植物バイオテクノロジーによる社会貢献を目指して、特にバイオ医薬品などを植物で効率的に生産するために、植物へ導入した遺伝子の発現レベルを高める基盤技術の開発を行っています。

### 1) 導入遺伝子の高発現に関わるエレメントの単離と改良

細胞内での遺伝子発現は、転写・転写後・翻訳などの過程で制御されています。植物へ導入した有用遺伝子を効率的に発現させるためには、各過程を最適化する必要があります。そのため、転写に関わるコアプロモーターの解析、転写終結およびmRNAのプロセッシングに関わるターミネーターの解析、mRNAの多様性に関わるスプライシング機構の解析、mRNAの安定性に関わる内部切断部位の解析、翻訳効率に関わる5' UTR配列の解析などを、次世代シーケンサーを用いて精力的に行っています。これら解析を通して、高発現に関わる配列エレメントを単離するとともにその改良を行っています。また、得られた成果については、複数の企業へ技術提供を行い、企業と共同でワクチンタンパク質や成長ホルモンなどを高生産する植物の作出を目指しています。

### 2) 人工遺伝子の設計

遺伝子ごとに細胞内での発現制御が異なりますが、この違いは配列もしくは配列に依存した構造の違いで必ず説明できるはずですが。例えば翻訳効率も遺伝子ごとに異なります。我々は、全mRNAの翻訳状態データと全mRNAの配列データを取得しており、2つのゲノムワイドデータを用いたin silico 解析を行うことで、mRNAの配列情報からタンパク質への翻訳効率を予測できる機械学習モデルの構築を行っています。この機械学習モデルを活用することで、遺伝子発現制御機構の更なる理解に加えて、目的遺伝子の高翻訳を可能にする5' UTR配列の選抜などができます。その他、転写開始点/スプライシングパターン/ポリA付加部位に関する細胞内の網羅的データを用いて機械学習モデルを構築することで、最終的には、より高発現が可能となる人工遺伝子の設計に繋げていきたいと考えています。

## 組換えDNA技術を用いた植物バイオテクノロジー



図1. 植物バイオテクノロジー組換えDNA技術が確立され、植物機能の改良・利用の試みが精力的に行われています。研究室では、特に植物での導入遺伝子高発現技術の開発を行っています。

## 研究業績

デジタルPCR、MinIONロングリードシーケンサー、ルミノ・イメージアライザー、超遠心密度勾配装置、自動RNA抽出装置、解析用ワークステーションなど

## 共同研究・社会活動・外部資金など

1. Ueno et al., *Plant Cell Physiol.* (2020)
2. Ueno et al., *Plant Cell Physiol.* (2020)
3. Yamasaki et al., *Plant Biotechnol.* (2018)
4. Ueno et al., *J. Biosci. Bioeng.* (2018)
5. Yamasaki et al., *J. Biosci. Bioeng.* (2018)
6. Matusi et al., *Plant Biotechnol.* (2015)

7. Yamasaki et al., *Plant Cell Physiol.* (2015)
8. Limkul et al., *Plant Science* (2015)
9. Ueda et al., *J. Biosci. Bioeng.* (2014)
10. Matusi et al., *Plant Biotechnol.* (2014)
11. Matsuura et al., *Plant Cell Physiol.* (2013)

## 外部資金

1. NEDO事業補助金「遺伝子発現制御および栽培環境制御の融合による代謝化合物高生産基盤技術開発」
  2. サポイン事業補助金「有用タンパク質の超低コスト化を実現するタンパク質高発現無細胞合成系の開発」
- 他、科学研究費補助金「基盤研究」各種、および企業との共同研究費など

# 植物二次代謝研究室

<https://bsw3.naist.jp/tohge/>



(写真左から)

准教授：峠 隆之 tohge@bs.naist.jp

助教：清水 崇史 takshim@bs.naist.jp

## 植物はどのようなメカニズムで多様な代謝物を産生しているのでしょうか？一緒に解明していきましょう。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

分子生物学・植物生理学・生化学・天然物化学・分析化学・遺伝子配列解析・多変量解析などに関する知識を学習もしくは活用したいと考えている方。もしくは、論理パズルを組み立てるのが好きな方、新しいものを発見したい方。薬草や薬用成分が好きな方。いろいろな植物を育ててみたい方。

### 研究室の指導方針

研究室の指導方針として私たちが重要視している点は、1) 学生の皆さん自身が研究内容に興味・自主性をもって研究に没頭できるように指導すること、2) 将来、社会において共同作業などにおいて人のつながりを築ける人材を育てること、3) 科学分野における一般的な情報処理能力、柔軟な論理的思考による計画設計、データ評価と問題対処法の習得です。これらの点は研究のみならず仕事全般に非常に重要であると考えているため、自身でどのように問題点があることに気づいて対処法を見出すかの自己評価の訓練の指導を心がけています。

### この研究で身につく能力

皆さんが希望する研究内容にもよりますが、スキルとして習得可能なものは、遺伝子発現解析や形質転換技術を含む分子生物学実験、質量分析などの分析化学技術、ゲノムデータ、大量の代謝物変動データや網羅的遺伝子発現データなどを用いた多変量解析手法などです。また、一緒に研究をすすめていく上で、皆さんの自主性の成長と自己管理の向上を重要視していますので、自己管理能力の向上も見込めると考えています。また、将来社会で新たに得た知識と融合・展開して新しいものを生み出せる能力の習得を目指しアドバイスしていきたいと考えています。

### 修了生の活躍の場

私たちの研究室からの修了生は、主に食品や化粧品分野、植物成分や医療関係の会社に就職して活躍しています。大学院で得た知識や習得したスキルを活かせる職に就き、将来活躍できるような人材の育成を目指して指導を行っています。

### 研究内容

植物二次代謝物は、様々な生物活性を有する有用化合物群であることが知られています。現在までに数百種類以上の植物種についてゲノム配列の解読が完了していますが、産生される二次代謝物の化学構造とその制御機構はそれぞれの植物種で特有であるため、非常に複雑です。そのため、遺伝子やタンパク質の配列情報からどのような活性物質を産生するかを予測するのは困難です。また、ストレス時にのみ産生される代謝物や特定の器官にのみ産生されるもの、また同じ植物種内での自然変異遺伝子多型の違いにより産生される代謝物を含めた生合成経路の全体像については、ほとんど明らかとなっていません。

私たちの研究室では、ゲノム配列の解読が完了もしくは遂行されているモデル植物・作物や薬用植物を対象に、様々な器官や近縁種および自然変異体コレクションについて、質量分析計などを用いて代謝物を詳細に解析し、得られた情報をもとに生合成経路の全体像を解明しています。さらに、トランスクリプトーム解析、ネットワーク解析、量的形質座位 (QTL) 解析やゲノムワイド関連解析 (GWAS) などを用いてオミクス統合解析を行い、新規遺伝子機能の解明を目的とした機能ゲノミクスを行い、代謝物産生に関する鍵遺伝子の特定を行っています。また、一次代謝物についても解析を行い、複雑な代謝経路ネットワークをシステムとして総合的に理解する研究にも取り組んでいます。また、植物二次代謝物の構造多様性を生み出す要因となっている遺伝子群の多くは、新機能分化 (neofunctionalization) 領域と呼ばれる比較的最近の進化過程で発生したゲノム領域由来であると考えられています。この様なゲノム領域に着目し、シンテナーを利用した種間比較解析を行うことで、より効率的に有用機能遺伝子を発見できると考えています。また、生合成経路の発生と種分化との関連性、および植物種の進化過程の軌跡の解明に着目した研究にも取り組んでいます。

### 研究設備

一般分子生物学的実験設備・高速液体クロマトグラフィー (HPLC)、HPLC質量分析計 (LC-MS)、キャピラリー電気泳動 (CE) 質量分析計 (CE-MS)、など

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

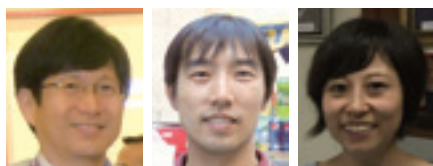
- [ 1 ] Tohge et al., Plant J., 42, 2187-235, 2005
- [ 2 ] Sakakibara and Tohge et al., Plant Cell, 20, 2160-2176, 2008
- [ 3 ] Watanabe et al., Plant Physiol., 146, 484-2496, 2008
- [ 4 ] Watanabe et al., Plant Cell, 20, 2484-2496, 2008
- [ 5 ] Watanabe et al., Mol Plant., 3, 438-466, 2010
- [ 6 ] Tohge & Fernie, Nat Protoc., 5, 1210-1227, 2010
- [ 7 ] Djamei et al., Nature, 478, 395-398, 2011
- [ 8 ] Wang et al., Nat Biotech., 32, 1158-1165, 2014
- [ 9 ] Bolger et al., Nat Genet., 46, 1034-1038, 2014

- [10] Tohge et al., Plant J., 83, 686-704, 2015
  - [11] Aarabi et al., Sci Adv., 2, e1601087, 2016
  - [12] Tohge et al., Nat Commun., 7, 12399, 2016
  - [13] Dong et al., Nat Commun., 8, 1174, 2017
  - [14] Peng et al., Nat Commun., 8, 1975, 2017
  - [15] Watanabe et al., Front Plant Sci., 9, 1292, 2018
  - [16] Watanabe et al., Front Plant Sci., 9, 72, 2018
  - [17] Ferrari et al., Nat Commun., 10, 737, 2019
  - [18] Perez de Souza et al., Plant Physiol., 182, 857-869, 2019
  - [19] Matz et al., Cell Reports, 26, 356-363, 2019
  - [20] Saigo et al., Curr Opin Plant Biol., 55, 93-99, 2020
  - [21] Watanabe et al., Plant Cell Environ., 43, 2066, 2020.
  - [22] Tohge et al., Mol Plant., 13, 1-20, 2020
  - [23] Calumpang et al., Metabolites, 10, 209, 2020
  - [24] Zhan et al., Nat Plants, 12, 1447, 2020
- 主な共同研究先: ドイツ、タイ、中国、インドネシア  
 科研費 基盤研究B、基盤研究C...etc



## 分子情報薬理学研究室

https://bsw3.naist.jp/itoh/



(写真左から)

教授：伊東 広 hitoh@bs.naist.jp

助教：小林 哲夫 kobayt@bs.naist.jp

助教：鳥山 真奈美 toriyama-m@bs.naist.jp

大学は学問をするところ。研究を思う存分行って「生命のからくり」を紐解いてください。色々な人とのディスカッションで思わぬアイデアが生まれ、実証する喜び、人に伝える楽しさを味わいながら大きく成長します。

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

生き物の成り立ちを理解するための基本的な知識。また興味を持ったこと、問題解決に向けて真摯に取り組む力。

## 研究室の指導方針

研究テーマは学生の興味と研究室側からの提案によって決まります。基本、助教の先生による直接の実験指導を受けます。実験の進捗状況を毎週グループミーティングで発表してもらい議論します。週一回の研究室ミーティングでは、まとまった研究実験の紹介と論文紹介をそれぞれ一名が行うことでプレゼンテーション能力の向上を促し、最新の情報をもとにした議論を行います。配属初期には新人による研究内容の基礎を身につけるための論文読み会が、また自主的なラボ内の新着論文勉強会もあります。

## この研究で身につく能力

研究課題を設定し、実験計画を考え、実験をしてデータを得て、それを分析し問題を見出したり新しいモデルを作るというサイクルにより、問題解決のための立案能力、計画的な効率よい行動能力、そして論理的に考える能力が身につきます。予想しない結果に対応する柔軟で緻密な思考能力も養われます。また自分自身のデータやアイデアを人に伝える能力、お互いに助けあい物事を進めていく能力、情報収集してまとめる能力などに磨きがかかります。これらの能力は社会に出てから、どんな場面においても役立つものであり、皆さんの将来の可能性を広げます。

## 修了生の活躍の場

大学などアカデミア。製薬、食品、医療機器などの開発、製造、学術担当。具体的な進路先や修了生の声を掲載したURL (<https://bsw3.naist.jp/itoh/?cate=146>)

## 研究内容

## 1. Gタンパク質シグナルによる生体調節機構の解明

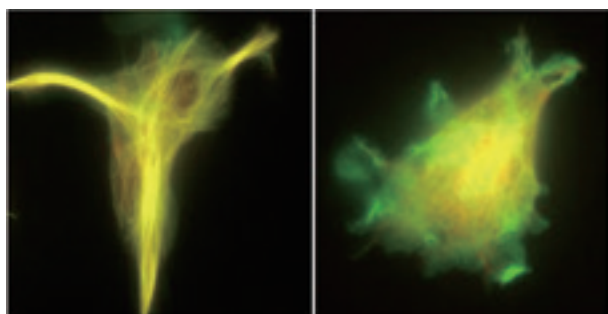
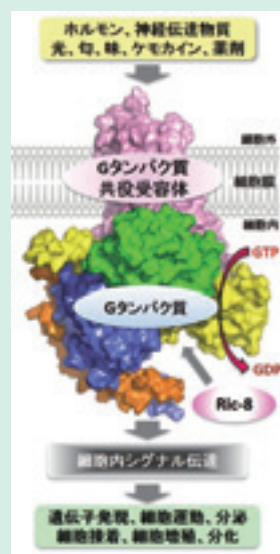
薬のターゲットとなるGタンパク質共役受容体 (GPCR) は様々な細胞外シグナルを受取り、Gタンパク質を介して細胞内へ情報を伝達します。GPCRとは別個にGタンパク質を調節する新しい分子 Ric-8が見つかり、染色体の不安定化を防ぐ正常な紡錘体極の形成や細胞移動に関わるGタンパク質の脂質修飾のレギュレーターとして働くことが判ってきました。またGタンパク質シグナルとユビキチン化やSUMO化との繋がりが心筋細胞の拍動や癌細胞の移動などに関わることも見えてきました。Gタンパク質シグナルの分子間ネットワークの解析から疾患の病因究明と治療へ向けた研究を進めています。

## 2. 抗体を用いたオーファンGPCRの解析

100種類以上のGPCRが生体内のリガンドが不明なオーファン (孤児) 受容体です。オーファン受容体に対する抗体を作成し受容体を活性化するアゴニストのように働く抗体、癌細胞や神経幹細胞の移動を抑制する抗体が得られました。作成した抗体を用いてオーファンGPCRの機能解析と抗体医薬への展開を目指しています。

## 3. 一次繊毛の形成の機構と細胞機能の解析

ほぼ全ての哺乳動物細胞に存在する一次繊毛は、細胞外のシグナルを受容するアンテナとして働き、その破綻が多くの疾患を引き起こします。しかし、一次繊毛の形成と機能を制御する分子メカニズムは殆ど分かっていません。この課題に取り組み、疾患治療への展開を目指しています。



神経前駆細胞におけるGタンパク質シグナルによる細胞骨格のダイナミックな変化

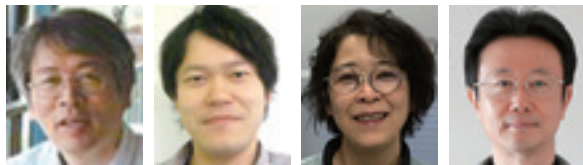
## 主な発表論文

- Dateyama I. et al. RABL2 positively controls localization of GPCRs in mammalian primary cilia. *J. Cell Sci.* 132: jcs224428 (2019)
- Kobayashi T. et al. HDAC2 promotes loss of primary cilia in pancreatic ductal adenocarcinoma. *EMBO Rep.* 18: 334 (2017)
- Toriyama M. et al. Phosphorylation of doublecortin by protein kinase A orchestrates microtubule and actin dynamics to promote neuronal progenitor cell migration. *J. Biol. Chem.* 287: 12691 (2012)
- Nishimura A. et al. Structural basis for the specific inhibition of heterotrimeric Gq protein by a small molecule. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107: 13666 (2010)
- Nagai Y. et al. Ric-8B stabilizes the alpha subunit of stimulatory G protein by inhibiting its ubiquitination. *J. Biol. Chem.* 285: 11114 (2010)
- Iguchi T. et al. Orphan G protein-coupled receptor GPR56 regulates neural progenitor cell migration via a Galpha 12/13 and Rho pathway. *J. Biol. Chem.* 283:14469 (2008)



# 機能ゲノム医学研究室

<https://bsw3.naist.jp/ishida/>



(写真左から)

准教授：石田 靖雅 ishiday@bs.naist.jp

助教：金井 賢一 kanai@bs.naist.jp

助教：岡 千緒 coka@bs.naist.jp

助教：松田 永照 ematsuda@bs.naist.jp

**「がんの免疫療法」や「免疫学的な自己-非自己識別の問題」に興味がある主体的な若者を歓迎します。ただ椅子に座っていても、いずれ何か教えてもらえるだろう、というような受動的な学生は歓迎しません。**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

「反射神経」や「瞬発力」ではなく、ひとつの問題を何年にもわたって考え続けることができる「持久力」と「集中力」が最も大切です。

## 研究室の指導方針

何かを強制的にさせることはしません。研究に興味を持った学生は、とことんサポートします。しかし、サボりたい学生は、どこまでも際限なくサボることができます。みなさんは既に大人ですから、自分のことには自分で責任を持ち、自らの進路は主体的に選択しましょう。

## この研究で身につく能力

免疫学、遺伝学、それに分子生物学の基礎知識と実験手法。がんの免疫療法とPD-1の生理機能に関する最新情報。「何が一番大切か?」を見分ける能力。

## 修了生の活躍の場

これは多種多様です。一定の傾向はありません。しかし、特に優秀な学生は、アカデミック分野のポジションや製薬系企業の研究職へ強気にブッシュします。

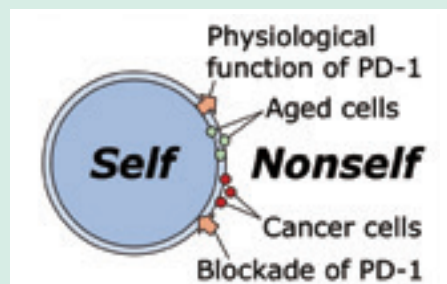
## 研究内容

1990年代の初頭、京大医学部医化学教室(本庶佑教授)の石田らは、リンパ球による「自己-非自己識別機構」に深く関与する遺伝子の単離を目指し、二つの異なるアポトーシス誘導系を組み合わせた cDNA サブトラクション実験を行いました。そして、興味深い一次構造と発現パターンを示す新規遺伝子を発見し、programmed death-1 (PD-1) と命名しました (Ishida, Y., et al., *EMBO J*, 11, 3887-3895, 1992)。PD-1に関するこの研究は、がんの新しい免疫療法の開発へと発展し、2018年12月、本庶佑教授にはノーベル医学生理学賞が授与されました。

ヒト成人は、約10兆個以上の有核細胞から成り立つと推定されています。加齢とともに、それぞれの正常体細胞が、アミノ酸置換を伴う遺伝子変異を、ほんの数個ずつ蓄積すると仮定した場合でも、成人の体全体では、出生時には存在しなかった「変異タンパク質」が、ほとんど無数に産生される計算になります。われわれの免疫系は、それらの「異物」に対して、一体どのように応答しているのでしょうか?

最近のがん治療の研究からは、Tリンパ球上のPD-1分子の機能を抗体で阻害すると、がん細胞中のゲノム変異に起因する「neoantigens」に対する免疫応答が有意に回復することが分りました。このことは、裏を返せば、がん患者の体内では、PD-1によってゲノム変異由来抗原への免疫応答が強く抑制されていることを意味します (Ishida, Y., *Cells*, 9, 1376, 2020)。

私たちの研究室では、PD-1のこの機能は(がん細胞だけでなく)正常体細胞に対しても適用されている(つまり、われわれの体内でPD-1は、加齢とともに正常体細胞が産生するゲノム変異由来タンパク質への免疫応答を抑制している)、という仮説を立て、様々な手法を駆使することにより、その妥当性を検証しています。正常体細胞中のゲノム変異に対する獲得免疫応答の問題に真正面から取り組んだ研究はこれまでに存在せず、私たちのこの取り組みは、免疫学と遺伝学の間を架橋する新分野を切り拓くと考えられます。



## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- [ 1 ] Bai, J. et al., *Genesis*, 58, e23386, 2020
- [ 2 ] Ishida, Y., *Cells*, 9, 1376, 2020
- [ 3 ] 石田靖雅, *炎症と免疫*, 23, 186-189, 2020
- [ 4 ] 石田靖雅, *科学*, 89, 125-128, 2019
- [ 5 ] 石田靖雅, *実験医学*, 36, 1452-1456, 2018
- [ 6 ] Yamanishi, A. et al., *Nucleic Acids Res.*, 46, e63, 2018
- [ 7 ] 石田靖雅, *ファルマシア*, 53, 967-969, 2017
- [ 8 ] 石田靖雅, *現代化学*, 551, 24-27, 2017
- [ 9 ] 石田靖雅, *細胞工学*, 33, 1038-1041, 2014
- [ 10 ] Shigeoka, T. et al., *Nucleic Acids Res.*, 40, 6887-6897, 2012
- [ 11 ] Mayasari, N. I. et al., *Nucleic Acids Res.*, 40, e97, 2012
- [ 12 ] Shigeoka, T. et al., *Nucleic Acids Res.*, 33, e20, 2005
- [ 13 ] Matsuda, E. et al., *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, 101, 4170-4174, 2004
- [ 14 ] Ishida, Y. and Leder, P., *Nucleic Acids Res.*, 27, e35, 1999
- [ 15 ] Ishida, Y. et al., *EMBO J.*, 11, 3887-3895, 1992

# 腫瘍細胞生物学研究室

<https://bsw3.naist.jp/kato/>



教授：加藤 順也 jkata@bs.naist.jp

## 一緒にがんの研究をしましょう！

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

必ずしもがんの予備知識を持っている必要はありません。ただし、基本的な細胞生物学、分子生物学の知識があつて、粘り強く辛抱強くがん研究ができる覚悟が必要です。

### 研究室の指導方針

基本的に学生の自主性を尊重します。常識的に考えてまともな範囲内で自分で考えてもらいます。また、その結果については責任を持って受け止めてもらいます。ただし、相談が必要な学生には援助は惜しみません。また、がんの基礎知識の勉強や実験を進めていく上で必要な技術については懇切丁寧に指導します。

### この研究で身につく能力

がんに関する基礎知識や、必要に応じて専門的知識について最先端の情報を理解してもらいます。また、がんの基礎研究に欠かすことのできない、分子細胞生物学的手法について学んでもらいます。さらに、必要に応じて動物（マウス）実験の手法について取得してもらいます。技術や能力については、浅く幅広いものではなく、深く専門性の高い項目に絞って順を追って取得してもらいます。

### 修了生の活躍の場

製薬会社（修士卒業性はMR、博士卒業性は研究職）のみならず、食品など様々な職種で活躍している。

### 研究内容

がん細胞の特性に興味を持ち、正常細胞からがん細胞へ変換する過程を解き明かすことで、がん細胞に特異的な機能を標的としたがん治療を可能にできると考えている。がん細胞の特徴の中でも、無秩序な増殖能力には特に強い関心を抱いていて、これを特異的に抑制することでがん患者の生存率を大きく改善できると考える。解析モデルとしては、細胞株の培養実験系と、モデルマウス実験系を併用している。がんの中でも白血病には特に留意しており、遺伝子導入と骨髄移植を組み合わせた実験系による急性骨髄性白血病の発症系を用いている。また、免疫不全マウスに対するヒトがん細胞の移植実験系も併用している。最近では細胞周期調節因子に加えて、代謝経路に関わるがん関連因子にも焦点を当てており、がん代謝の調節の観点から、がんの兵糧攻めを念頭に置いたがん抑制の方法を検討中である。

### 研究設備

標準的な分子細胞生物学的研究設備

# 分子免疫制御研究室

https://bsw3.naist.jp/kawai/



(写真左から)

教授：河合 太郎 tarokawai@bs.naist.jp

助教：川崎 拓実 kawast01@bs.naist.jp

助教：織 大祐 dori@bs.naist.jp

## ウイルスやがんから身体を守る「自然免疫」の仕組みを明らかにする。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

旺盛な好奇心と高いモチベーション。

### 研究室の指導方針

自ら課題を見つけ、実験を通して解決する能力を身に付けてもらうよう指導しています。博士前期課程学生に対しては、主に実社会で即戦力として活躍できるよう研究のスキルやコミュニケーション力のアップを目指した指導を行っています。博士後期課程学生に対しては、論文作成や国際学会での英語発表を通して将来国際舞台で活躍できるような人材を育成しています。

### この研究で身につく能力

自己免疫疾患、アレルギー、がんといった自然免疫が深く関与する疾患に対する知識基盤が身につくと共に疾患治療法の作出や医薬品開発に対する意識が高まります。

### 修了生の活躍の場

製薬・食品関連企業における研究や開発職、CRO等。

### 研究内容

「自然免疫」はウイルスや細菌といった病原体の感染初期に発動する生体防御システムであり、マクロファージや樹状細胞が中心的な役割を果たしています。これら自然免疫担当細胞は病原体の侵入を察知すると、炎症性サイトカインやインターフェロンといった液性因子を産生し、炎症や抗ウイルス反応の惹起、感染局所への免疫細胞の動員、貪食や殺菌を行います。さらに、自然免疫は、T細胞応答や抗体産生といった病原体（抗原）に特異的な「獲得免疫」の誘導にも必要な応答です（図1）。自然免疫による病原体認識機構は長らく不明でしたが、1996年のショウジョウバエにおけるTollと呼ばれる膜型分子の発見と1998年のヒトにおけるToll様受容体（Toll-like receptor; TLR）ファミリーの発見（いずれも2011年ノーベル賞）を機に、急速に進みました。TLRはヒトで10種類（TLR1-10）、マウスで12種類（TLR1-9, 11-13）存在しており、それぞれが異なる病原体成分を認識する受容体として機能しています（図2）。近年では、TLR以外にも、細胞質内でウイルス感染を認識するRIG-I-like receptors (RLRs) ファミリーといった病原体認識分子も同定されています。重要なことに、自然免疫は病原体のみならず自己成分や環境因子にも反応し炎症を誘導することや、自然免疫系の破綻が自己免疫疾患やアレルギー、炎症性疾患に繋がることが示唆されています。私達は、自然免疫の全貌を明らかにすることに加え、自然免疫が関与する疾患の制御法の確立や効率的に獲得免疫を誘導可能なワクチンの開発を目指しています。

主な研究テーマは下記の3つです。

#### 1) 自然免疫受容体を介したシグナル伝達経路の解析

TLRやRLRを介した自然免疫応答を制御する分子の同定や分子間相互作用などの解析を通して、病原体の侵入から排除に至る流れの理解を目指しています。

#### 2) 新たな自然免疫認識機構や炎症誘導機構の解析

自然免疫は傷害を受けて死滅した細胞の成分（DNA、RNA、タンパク質、脂質など）に対しても応答し、炎症性疾患や自己免疫疾患を誘導することが分かってきましたが、詳細な認識機構は不明です。私たちは、この仕組みの理解を目指しています。また、自然免疫はアスペストや花粉といった環境因子に対しても反応します。こうした環境因子に対する認識機構を明らかにすることも目指しています。

#### 3) 新たな免疫制御法の確立

自然免疫受容体下流シグナル伝達経路の活性化を制御可能な核酸、蛋白質、脂質などを用いた新たな免疫制御法の確立を目指しています。特に、がんやウイルスに対する獲得免疫を効率よく誘導できる免疫賦活剤の開発を目指しています。

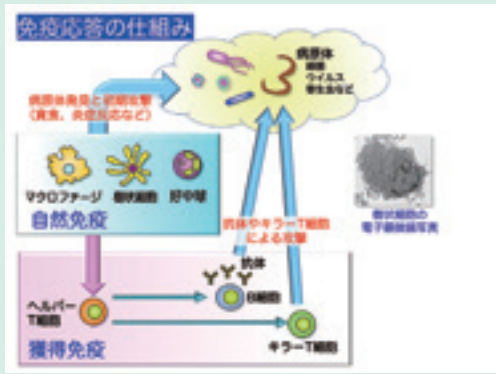


図1

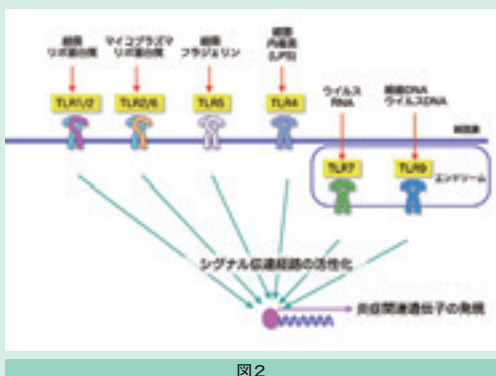


図2

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

#### 研究業績

- Putri DDP, Kawasaki T, Murase M, Sueyoshi T, Deguchi T, Ori D, Suetsugu S, Kawai T, PtdIns3P phosphatases MTMR3 and MTMR4 negatively regulate innate immune responses to DNA through modulating STING trafficking. *J Biol Chem.* 294, 8412-8423, 2019
- Sueyoshi T, Kawasaki T, Kitai Y, Ori D, Akira S & Kawai T. Hu Antigen R regulates antiviral innate immune responses through the stabilization of mRNA for Polo-like kinase 2. *J Immunol.* 200:3814, 2018.
- Murase M, Kawasaki T, Hakozaki R, Sueyoshi T, Putri DDDP, Kitai Y, Sato S, Ikawa M & Kawai T. Intravesicular acidification regulates lipopolysaccharide inflammation and tolerance through TLR4 trafficking. *J Immunol.* 200:2798, 2018.
- Kawasaki T, Ito K, Miyata H, Akira S & Kawai T. Deletion of PIKfyve alters alveolar macrophage populations and exacerbates allergic

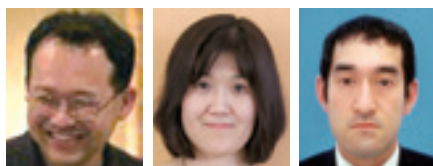
inflammation in mice. *EMBO J.* 36:1707, 2017.

- Kitai Y, Kawasaki T, Sueyoshi T, Kobiyama K, Ishii KJ, Zou J, Akira S, Matsuda T & Kawai T. DNA-containing exosomes derived from cancer cells treated with Topotecan activate a STING-dependent pathway and reinforce antitumor immunity. *J Immunol.* 198:1649, 2017.
- Kitai Y, Takeuchi O, Kawasaki T, Ori D, Sueyoshi T, Murase M, Akira S & Kawai T. Negative regulation of Melanoma Differentiation-associated Gene 5 (MDA5)-dependent antiviral innate immune responses by Arf-like Protein 5B. *J Biol Chem.* 290:1269, 2015.
- Kuniyoshi K, Takeuchi O, Pandey S, Satoh T, Iwasaki H, Akira S & Kawai T. Pivotal role of RNA-binding E3 ubiquitin ligase MEX3C in RIG-I-mediated antiviral innate immunity. *Proc Natl AcadSci USA.* 111:5646, 2014.
- Kawasaki T, Takemura N, Standley D, Akira S & Kawai T. The second messenger phosphatidylinositol-5-phosphate facilitates antiviral innate immune signaling. *Cell Host Microbe.* 14:148, 2013.



## 分子医学細胞生物学研究室

https://bsw3.naist.jp/suetsugu/



(写真左から)

教授：末次 志郎 suetsugu@bs.naist.jp

助教：西村 珠子 tnishimura@bs.naist.jp

助教：稲葉 岳彦 takehiko-inaba@bs.naist.jp

## 生命の形の創造と機能～脂質膜研究によるがんなどの疾患形成機構の理解

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

- 1) Essential細胞生物学の生物学と化学の知識。
- 2) 相談できる力。
- 3) 継続する力。
- 4) 英語、日本語の文章読解力。

## 研究室の指導方針

- 1) 最初のテーマ(あるいは実験)は提示する場合がありますが、その結果、次に何をするかは、結果について議論して決めます。学生のやる気とアイデアで大きく研究が進むこともよくあります。
- 2) 研究の計画、実験、考察の指導を行います。具体的には、実験を再現できるノートの書き方を重視し、実験もできるだけ丁寧に教えます。初めはノートを書く時間と実験の時間は同じくらいで構いません。

## この研究で身につく能力

- 1) 全員に身につく力：論理的な考え方。既知の知見と自分のデータに向き合う力。議論する力。プレゼンテーション能力。
- 2) テーマにより異なる身につく力(実験手法)：遺伝子組み換え技術。タンパク質精製技術。Western blotなどのタンパク質分析技術。細胞培養技術。深層学習。その他。

## 修了生の活躍の場

製薬/食品/化学系企業、ポスドク、大学教員など。

## 研究内容

- 1) 例えば、がん細胞、マクロファージ、上皮細胞などの特有の性質の理解。
- 2) 生命の構成要素から、生命の機能構造と機能を再構成(人工的に模倣する)すること。
- 3) 再構成によって、未知の生命現象を見つけること、あるいは、既知の生命現象に新たな説明を加えることにより細胞の特有の性質を理解すること。
- 4) 深層学習などを用いたデータサイエンスにより、新しい生命現象や説明を発見すること。

(詳しい説明)生命の最小単位は細胞です。細胞は、さまざまな物質が集合して形成されています。物質の集合の違いによって、細胞は、機能に応じてと思われる特徴的な形をとります。従って、細胞の形は、構成物質がそれぞれもつ形の延長線上にあります。例えば、自動車は、自動車の部品の形によって、自動車全体の形も決まっているといえはわかりやすいでしょうか？

自動車の形は、一番外側の部品である車体の形です。細胞においては、脂質膜が一番外側にあります。本研究室では、脂質膜の形がどのように作り出されるか、研究しています。

自動車は動きます。細胞も動きます。細胞の動きは、動物が発生するときに、分化した細胞が機能する場所に移動するために必要不可欠な現象です。また、がん細胞の浸潤転移なども細胞の移動と捉えることができます。ところが、細胞には自動車のような車輪はありません。かわりに、細胞は、脂質膜を変形させ、尺取り虫のように動いていきます。脂質膜は単に変形するだけでなく、ちぎれ、細胞間及び細胞内のコミュニケーションも担っています。

本研究室では、脂質膜の形がどのように作り出されるかについて研究し、これらの現象の背景にある物質の集合(どのような物質がどのように集まることで形ができるか)を解いていきます。また集合した結果である細胞の形態についても、データサイエンスを適用し、新しい解釈に挑戦します。

(目指すところ)生命は人工的には作るできません。すなわち、生命の中には、まだ私たちの知らない要素がたくさん隠れているはず。生命の設計図であるゲムに書かれていることはタンパク質のことが多く、脂質のことは、直接は書かれていません。しかし、脂質膜は、生命に必要な不可欠な物質です。たくさんの知られていない現象が脂質膜の周りには隠れているはず。この研究に加わって、発見の醍醐味を味わいましょう。



図. 細胞の形態形成を担うタンパク質と脂質膜の例 (Suetsugu et al., Phys Rev 2014より)

## 研究設備

遺伝子組み換え装置 (PCR、微量遠心機、恒温培養槽、など)  
細胞培養設備 (クリーンベンチ、恒温培養槽、など)  
タンパク質精製実験設備 (分光蛍光光度計、超遠心機、液体クロマトグラフィーなど)  
細胞観察設備 (共焦点レーザー顕微鏡、全反射顕微鏡、超解像顕微鏡など)  
コンピュータ類 (GPU搭載)

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

## 研究業績

(HPやGoogle Scholarなどを参照: https://bsw3.naist.jp/suetsugu/)

- [1] J Cell Sci. 2020 Sep 2;jcs.246785. doi: 10.1242/jcs.246785. (学位関連論文)
- [2] Biochem Soc Trans. 2020 Jun 29;BST20190376. doi: 10.1042/BST20190376.
- [3] Genes Cells. 2020 Mar;25(3):187-196. doi: 10.1111/gtc.12749.
- [4] Nat Commun. 2019 Oct 18;10(1):4763. doi: 10.1038/s41467-019-12738-w. (学位関連論文)

[5] iScience. 2019 Jun 18;17:101-118. doi: 10.1016/j.isci.2019.06.020. (学位関連論文)

[6] Biochem Soc Trans. 2018 Apr 17;46(2):379-389. doi:10.1042/BST20170322.

[7] Sci Rep. 2017 Aug 10;7(1):7794. doi: 10.1038/s41598-017-08259-5.

[8] Sci Rep. 2017 Jul 28;7(1):6808. doi: 10.1038/s41598-017-06334-5.

[9] Cell Struct Funct. 2016 Feb 16;41(1):1-11. doi: 10.1247/csf.15014.

[10] J Cell Sci 2015 128:2766-2780. doi: 10.1242/jcs.167775.

[11] Physiological Reviews, Oct;94(4):1219-1248. doi:10.1152/physrev.00040.2013.

[12] Nat Commun. 2014 Sep 26;5:4994. doi: 10.1038/ncomms 5994.

[13] 生化学第86巻第5号, pp. 637-649 (2014) など

## 外部資金

科研費基盤研究、新学術領域研究、CREST研究など

## 学会活動

日本生化学会、日本細胞生物学会、日本脂質生化学会、日本生物物理学会、日本分子生物学会、アメリカ細胞生物学会、日本癌学会など

# RNA分子医科学研究室

<https://bsw3.naist.jp/okamura/>



(写真左から)

教授：岡村 勝友 [okamurak@bs.naist.jp](mailto:okamurak@bs.naist.jp)

助教：島本 廉 [renshimamoto@bs.naist.jp](mailto:renshimamoto@bs.naist.jp)

## 遺伝子発現制御を多面的に理解し、その異常が病気につながる謎を解く。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

文章の読解力が重要になります。また専門的で最新の知識を得るには、英語で書かれている情報源に頼らざるを得ません。英語での情報収集に早くから慣れておくことを勧めます。分子生物学の基礎知識があると良いですが、研究室配属後に学ばなければいけないことが多いので、はじめに持っている知識量よりも、配属後にどれだけの量の情報を理解し消化していけるかが重要です。

### 研究室の指導方針

研究室配属当初は設定された実験課題をスタッフによる実験の指導のもと行ってもらいます。能力に応じて徐々に研究計画の設定から実験結果の考察まで独立に行えるように指導します。隔週で実験の進捗状況の報告、また2-3ヶ月に一度程度、ラボミーティングでの発表を行っていただきます。研究室配属された日から、個々の学生は、直面する問題・疑問の解決に自ら取り組んでいく一人の『研究者』です。どれだけたくさんの知識を持っているかでなく、持っている知識を使って問題の解決にどれだけ貢献できるかを常に考える必要があります。

### この研究で身につく能力

博士前期課程の学生は大量シーケンスや電気泳動を含む分子生物学実験を通してその原理を深く理解し、実験結果からどのような情報を得ることができるかを学ぶことができます。博士後期課程では、生物学的疑問を解決する為にこれらの技術をどのように使うか計画して結果を解釈することができるようになっていきます。また論文・学会等での発表の為に効果的なプレゼンテーションの技術を学びます。個々の努力(問題解決の為に妥協せずに解決法を探る)に比例して、論理的思考や問題解決能力が得られます。印刷物やインターネットからどのような情報を得ることができるか、どのような状況で研究室内外の人の協力を得るべきか、適切な判断を下すことができる能力は研究以外でも必ず役に立ち、周囲に信頼される人材となる為の基礎になると思います。

### 修了生の活躍の場

新しい研究室なので修了生はまだいませんが、アカデミアでの研究者のほか、特にバイオメディカル分野(製薬・食品会社など)で活躍する人材が育つよう期待しています。

### 研究内容

RNA分子医科学研究室では、複雑な遺伝子発現機構がどのようにして形成されていて、環境や生体の状況にどのように対応しているかを理解することを目標として、特にmicroRNAなどのRNA分子を介した遺伝子制御機構に注目して研究を行っています。正常な状態での遺伝子発現制御の機構を理解し、その破綻がどう疾患に繋がるかを分子レベルで理解するための重要な研究分野です。研究手法としては、分子生物学的解析(次世代シーケンスや電気泳動)を用いた遺伝子発現解析や、モデル生物(動物培養細胞、ショウジョウバエ、マウスなど)を用いた遺伝学的解析、またデータベース上に公開されているシーケンスデータを含む大量ゲノミクスデータを用いた数学的解析を行っています(図1)。主に以下の分野の研究を活発に行っています。

#### miRNA発現制御機構

近年の研究で、蛋白質コーディング遺伝子は転写レベルの他、転写後レベルでも発現調節を受けていることがわかってきました。miRNAの発現も同様に転写および転写後レベルで制御されているはずですが、miRNAの発現異常は疾患組織で多く見られ、分子機構の理解が急がれます。私たちの研究室では健康・疾患組織でのmiRNA発現制御をゲノミクスや生化学的手法で研究し、それら分子機構の生物学的意義を細胞・個体レベルで検討します。

#### miRNA生合成経路の多様性

私たちの最近の研究から、典型的なmiRNA生合成経路の他にmRNAスプライシングやリボソームRNA生合成経路を用いて作られるmiRNAの存在が明らかになりました。これらの結果は、種々のRNAプロセッシング機構が意外な形で遺伝子発現制御に寄与していることを示唆しており、その分子機構の解析を行うとともに、これらの分子機構の生物学的意義を解明していきます。

#### 小分子RNA生合成経路の進化

多様な小分子RNA生合成経路の発見の過程で、特定の生物種のみ存在する小分子RNA生合成経路も見つかりました。これらの機構は免疫機構として機能しているようです。生物種間での小分子RNA生合成経路の多様性を調べるために、私たちは種々の生物種のサンプルから小分子RNAの同定と分子機構解析を行なっています。新たな小分子RNA経路の発見とその応用により現在のCRISPRやRNA干渉法を補完するような新たな手法を開発することができるかもしれません。

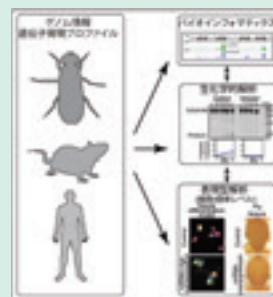


図1. 研究手法の概要

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- [1] Zhou and Lim et al. (2018) *eLife* 7:e38389
- [2] Goh and Okamura (2018) *Methods Mol Biol.* 1680:41-63
- [3] Lim and Ng et al. (2016) *Cell Reports* 15 (8) 1795-1808
- [4] Chak et al. (2015) *RNA* 21(3): 375-384
- [5] Pek and Okamura (2015) *WIREs RNA* (6):671-86
- [6] Chak and Okamura (2014) *Frontiers in Genetics* 5:172
- [7] Okamura et al. (2013) *Genes & Dev* 27(7):778-92
- [8] Okamura et al. (2009) *Molecular Cell*, 36(3): 431-44.
- [9] Okamura et al. (2008) *Nature* 453(7196): 803-6
- [10] Okamura et al. (2007) *Cell* 130(1): 89-100



# 幹細胞工学研究室

https://bsw3.naist.jp/kurisaki/



(写真左から)

教授：栗崎 晃 akikuri@bs.naist.jp

助教：高田 仁実 htakada@bs.naist.jp

助教：印東 厚 atsushiinto@bs.naist.jp

## 発生を理解し、幹細胞を制御することで、組織再生を実現する

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

- ・幹細胞分化や組織形成・発生に対する驚きや興味、チャレンジ精神。
- ・多少失敗しても腐らず丁寧に実験を持続する忍耐力と楽天性。
- ・失敗を論理的に分析し、「わからないこと」を複数の可能性に分解して解決法を探る論理性。
- ・他のメンバーと協調して研究するコミュニケーション能力。

### 研究室の指導方針

研究室に配属後、1-2か月後は基本的な実験手技のトレーニングをできるまで繰り返し、その後、個別のテーマで実験を進めます。毎週水曜に全員が進捗状況を報告し情報交換するミーティングを、毎週木曜午後最新論文1報を発表するジャーナルクラブと2-3か月分のデータを学会形式で発表するプログレスミーティングを1人ずつ順番に行います。世界トップの研究者が何を考えてどうデータを取っているか、自分の研究はどうかを議論し、ユニークな研究を最後までやり遂げることができるホネのある研究者を育成します。

### この研究で身につく能力

私たちの研究室ではマウスを用いて発生過程で胃や肺などの組織がどのように形作られていくか、その形態形成のしくみを解析しながら、多能性幹細胞の分化技術や分化転換技術を利用した組織再生方法の開発や病態モデルの作製を進めています。従って、研究室では幹細胞や分化のしくみに注目して関連論文を読み込み、研究の進め方、考え方を理解し、解析技術や培養、分化方法を習得することになります。特に研究を通して、自分の実験データの意味するところを正しく読み解き、論理的に考えて研究を進める能力や、精確で安定した実験手技が身につきます。また、研究室の他のメンバーの仕事の内容を理解し、ミーティングでディスカッションを繰り返すことで、他のメンバーとコミュニケーションをとりながら研究・開発を進める能力が身につきます。

### 修了生の活躍の場

国内外の大学や研究所の研究員、製薬企業、検査会社、CROなど。

### 研究内容

#### 研究・教育の概要

ES細胞やiPS細胞などの多能性幹細胞は、無限の増殖能と体の全てを構成する細胞への分化能を併せ持つ特殊な幹細胞であり、その能力ゆえに再生医療や創薬などへの応用が期待されています。一方、幹細胞を利用する側の視点で考えると、多能性幹細胞は成体の様々な細胞へと分化しうる非常に強力な分化能を持つ細胞であるので、この分化能力をワンステップずつ精密にコントロールしながら、目的細胞へと分化させて行くことが重要になります。このような幹細胞の分化方法には必ずしも正解があるわけではないのですが、発生過程では各臓器が非常に高い精度で息をのむほど美しい3次元構造が形成されることから、臓器発生のしくみを理解することが、多能性幹細胞の分化方法を開拓する上でよいヒントとなります。本研究室では、特に胃や肺などの組織形成のしくみの解明を進めつつ、幹細胞の分化制御方法を開発し、さらに疾患モデルや組織再生への応用を目指した研究を行っています。

#### 主な研究テーマ：

#### 胃組織の形成と疾患

胃は、主要な消化器官ですが、その発生のしくみは意外とわかっていません。発生初期の内胚葉から一本の消化管が形成され、胃の予定領域が決定され、さらに成熟分化して胃の内側に胃腺と呼ばれる円柱状上皮構造がびっしりと形成されると考えられていますが、そのメカニズムはあまりわかっていないのです。私たちは、最近マウスES細胞から試験管内で胃組織を丸ごと分化させる方法を報告しました。この幹細胞分化方法は、胃の組織が形成されるしくみを調べるための強力な検証ツールになります。また、胃がんなどの疾患は、あまり良い動物モデルが存在しないことから、このような試験管内で作製した胃組織はがんなどの病気の発症機構を調べる上でも有用だと考えられます。私たちは、胃の発生のしくみを解析しつつ、この試験管内分化モデルを利用して分化のメカニズムを検証するとともに、疾患発症機構の解明にも取り組んでいます。

#### 肺組織の分化と組織再生

肺は、胃と同じく、発生初期の内胚葉から形成された消化管から、肺の元となる肺芽が出芽し、増殖しながら枝分かれして発生していきます。最近、ヒトiPS細胞から肺の組織細胞を分化させる方法が検討されていますが、私たちも肺前駆細胞や気管支纖毛上皮細胞を分化させる方法の開発を進め、その分化制御のしくみを明らかにするための研究を進めています。

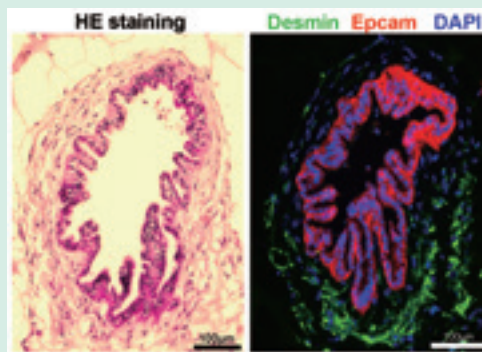


図. マウスES細胞から試験管内で3次元培養により分化させた胃組織像。

### 研究設備

クリーンベンチ、安全キャビネット、CO<sub>2</sub>インキュベータ、蛍光顕微鏡、実体顕微鏡、リアルタイムPCR、クライオスタット他

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- 1.野口隆明、栗崎晃,実験医学増刊, 34, 74-77, 2016
- 2.Noguchi TK et al., Nature Cell Biology, 17, 984-993, 2015
- 3.Seki Y et al., Proc. Natl. Acad. Sci. U S A, 107, 10926-10931, 2010



# 発生医科学研究室

<https://bsw3.naist.jp/sasai/>



准教授：笹井 紀明 noriakisasai@bs.naist.jp

## 動物の器官はどのように構築され、正確に機能を発揮するのだろうか。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

- ・基本的な分子生物学や細胞生物学の知識。
- ・疑問に思ったことを、自分の手で解決しようという積極性。
- ・学習や作業にコツコツと取り組む姿勢。

### 研究室の指導方針

M1ではまず、基本的な発生生物学的、細胞生物学的実験技術を習得します。それと平行して、論文講読や教科書の輪読会などを行って研究分野の歴史や基礎を総合的に学ぶほか、研究プロジェクトを立案し、実験の戦略を考え、実行していきます。M2では、主体的に実験を進めながら、研究の内容や成果を論理的でわかりやすい文章で表現し、修士論文にまとめます。博士後期課程の学生は、それぞれのプロジェクトにおける発見を、投稿論文・博士論文へと発展させていきます。

### この研究で身につく能力

- ・自分自身の研究を進めていく上で必要な実験技術、論理的な考え方。
- ・わかりやすく論理的に構成されたプレゼンテーションや文章力、英語力。

### 修了生の活躍の場

学んだ知識や技術を生かし、生物学の専門家として広く社会に貢献しています。たとえば、製薬企業、食品企業での技術開発研究者のほか、コンサルタント、医療技術者、環境技術者や、大学における博士研究員として活躍しています。

### 研究内容

私たちヒトをはじめとする個体にはたくさんの細胞が存在し、体内で整然と配置されています。これは、器官や組織が発生する際に細胞が増殖しながら性質を変化させる(分化する)ことによって起こります。また、発生段階で一度形作られた器官は、個体が生き続ける限り正確に働き続けなければなりません。私たちは、器官が構築されていく過程や、その機能維持のメカニズムを、次のようなテーマに分けて明らかにしていきます。

- (1) 細胞外シグナル因子と遺伝子発現制御の関係。  
主に中枢神経系の発生に着目し、それを制御するシグナル因子や前駆細胞の応答メカニズムについて研究しています。
- (2) 胚性幹細胞(ES細胞)からの神経分化系の確立。  
さまざまな神経細胞を産出するための技術開発を、2次元、3次元培養を用いて進めています。
- (3) 遺伝性眼疾患の治療法の開発。  
網膜色素変性症という遺伝性の眼疾患に着目し、それが進行していく過程を明らかにすることにより、新規の治療法の開発へと結びつけます。  
これらの研究を行う上で、実験系として、ニワトリの卵(胚)、マウス、マウスES細胞を用いています。

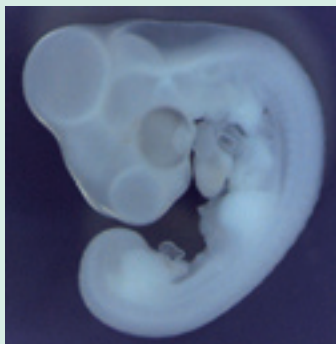


図1 発生開始後4日のニワトリ胚

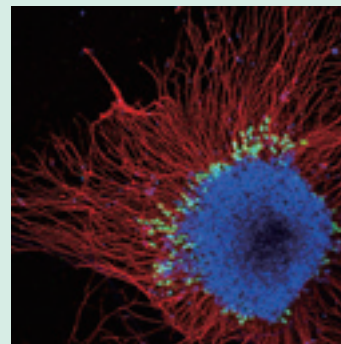


図2 マウス胚性幹細胞(ES細胞)から分化させた神経細胞。

### 研究設備・技術

当研究室では、基本的な細胞・分子生物学を行うための設備はもちろんのこと、鳥類(ニワトリ、ウズラ胚)に対する遺伝子導入装置(エレクトロポレーション)を備えており、発生学的解析が研究室内で行えます。これらを用いて、薬剤処理や顕微手術のほか、マウス胚性幹細胞(ES細胞)からの神経分化誘導などを行います。遺伝子変異マウスは学内の共通設備で行っています。

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- [1] Yatsuzuka et al. (2019) Development 146, dev176784.
- [2] Kadoya and Sasai. (2019) Frontiers in Neuroscience 13, 1022.
- [3] Sasai et al. (2019) Frontiers in Genetics 10, 1103.
- [4] Hori et al. (2019) Scientific Reports, 9, 15911.
- [5] Kutejova et al. (2016) Dev Cell, 36, 639-653.
- [6] Luehders et al. (2015) Development, 142, 3351-3361.
- [7] Dellelt et al. (2015) Investigative Ophthalmology and Visual Science, 56, 164-176.
- [8] Sasai et al. (2014) PLOS Biology, 12, e1001907.
- [9] 脳科学辞典(2017年) (<https://bsd.neuroinf.jp/wiki/ソニック・ヘッジホッグ>), <http://bsd.neuroinf.jp/wiki/神経誘導>, <https://bsd.neuroinf.jp/wiki/位置情報>)

国内外の研究機関、大学と共同研究を行っています。また、高校生や海外からのインターン生の受け入れ、そのほか地域の方々への研究紹介活動などを、定期的に行っています。

# 器官発生工学研究室

https://bsw3.naist.jp/isotani/



(写真左から)

准教授：磯谷 綾子 isotani@bs.naist.jp

助教：由利 俊祐 shunsukekeyuri@bs.naist.jp

## キメラ動物を使って『最先端』を一緒に創りましょう！

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

さまざまな生命科学技術を駆使して研究を行っていますので、一般的な生命科学の基礎知識が必要になります。さらに、哺乳類の受精、個体発生の知識があると、より研究に取組みやすいです。

### 研究室の指導方針

修士課程の2年間は、プレ社会人として、規則正しいメリハリのある生活を身につけてもらいます。実験に関しては、教わった事を学生自身で再現できるように、しっかりと疑問点・問題点を克服し、週1回のラボセミナーで、進捗の報告とともに、トラブルシューティングについても話し合います。就職活動もメリハリをつけて、計画的に行うように努めてもらいます。博士課程進学の学生には、研究の立案計画・実行ができるように指導し、国際ジャーナルへ筆頭著者としての論文報告を目標としてもらいます。

### この研究で身につく能力

私たちの研究室では、遺伝子操作、細胞培養、動物実験、組織学的解析の技術が身につきます。

**遺伝子操作**：PCR、プラスミド、大腸菌を使って、DNAを切り貼りし、遺伝子発現ベクターや、ゲノム相同組み換えターゲティングベクター、ゲノム編集ベクターの構築など。

**細胞培養**：ES細胞やiPS細胞といった多能性幹細胞などの樹立・培養。樹立した培養細胞への遺伝子導入。

**動物実験**：遺伝子改変したマウスやラットの取扱、解剖、移植実験。

**組織学的解析**：解剖した動物の臓器を用いて切片作製、抗体染色、顕微鏡観察。

これら以外にも、研究の進捗によって、受精胚操作、キメラ動物・遺伝子改変動物の作製や、DNA、RNA、タンパク質の解析技術も学んでもらいます。

### 修了生の活躍の場

製薬、研究機器開発、臨床検査業、大学の技術職員など

### 研究内容

#### 異種間キメラ動物による臓器形成モデル

マウスとラットの受精胚を集合させて1つにした異種間キメラ動物の作出は、1970年代から試みられていましたが、長い間、成功に至っていませんでした。しかし、胎盤に寄与することのないES/iPS細胞を用いることによって、マウスとラットの異種間キメラ動物を誕生させることができました。この方法で、胸腺のないヌードマウスの胚盤胞とラットのES細胞の組合せにすると、胸腺がラットの細胞で構築される異種間キメラが誕生することが分かりました。つまり、異種間キメラを用いて、ES細胞やiPS細胞から、複雑な3次元構造を持つ臓器を作ることができることが分かりました (ref. ③)。

このように、異種間キメラの体内で臓器・組織、細胞が作られるかどうか、また、それらが正しく働いているかを明らかにすることは、臓器移植といった再生医療の発展において、重要な課題の一つです。私たちは、異種間キメラ動物を用いて、様々な臓器形成モデルの確立を試み、臓器・組織、細胞が正常に機能するために必要な要因を明らかにしていきます。

#### 新規動物モデル

近年、次世代遺伝子改変技術として注目されているゲノム編集技術 (CRISPR/Casシステムなど) を用いれば、簡単に遺伝子破壊動物を作製できるようになりました。この技術をES細胞 (または、iPS細胞) と組み合わせれば、より複雑な遺伝子改変を行えるようになります。

また、マウスの胚にラットのES細胞を注入した異種間キメラの精巣内には、マウスだけでなく、ラットの精子もできます。このラット精子はラットの卵子と受精させると、次世代が誕生することが分かっており、この系を介して遺伝子組換えラットの作出にも成功しました (ref. ①, ②)。

このような、ゲノム編集技術と異種間キメラ動物の技術を組み合わせ、ヒトの疾患モデル動物だけでなく、遺伝子工学・細胞工学・生殖工学を駆使して生命科学のブレイク・スルーに繋がるような新たな動物モデルの開発を目指します。

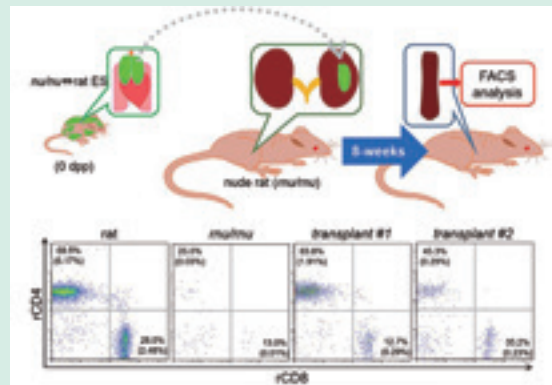


図 異種間キメラ動物の技術で作ったラット胸腺の働き

### 主な研究業績

- ① Isotani, A., Matsumura, T., Ogawa, M., Tanaka, T., Yamagata, K., Ikawa, M., and Okabe, M. (2017) A delayed sperm penetration of cumulus layers by disruption of acrosin gene in rats. *Biol Reprod* 97: 61-68.
- ② Isotani, A., Yamagata, K., Okabe, M., and Ikawa, M. (2016) Generation of Hprt-disrupted rat through mouse←rat ES chimeras. *Sci Rep* 6: 24215.
- ③ Isotani, A., Hatayama, H., Kaseda, K., Ikawa, M., and Okabe, M. (2011) . Formation of a thymus from rat ES cells in xenogeneic nude mouse←→rat ES chimeras. *Genes Cells* 16, 397-405.
- ④ Isotani, A., Nakanishi, T., Kobayashi, S., Lee, J., Chuma, S., Nakatsuji, N., Ishino, F., and Okabe, M. (2005) . Genomic imprinting of XX spermatogonia and XX oocytes recovered from XX←→XY chimeric testes. *Proc Natl AcadSci U S A* 102, 4039-4044.

# 原核生物分子遺伝学研究室

<https://bsw3.naist.jp/maki/>



(写真左から)

教授(兼任): 高木 博史 hiro@bs.naist.jp

准教授: 秋山 昌広 akiyamam@bs.naist.jp

助教: 小林 和夫 kazuok@bs.naist.jp

**私たちの研究室では、ゲノムの正確な複製がどのような基本的な仕組みに支えられているのかについて、ゲノム構造の単純な微生物を用いて研究しています。また、忠実な複製とは逆に、不正確な複製による突然変異の発生とその抑制のプロセス、あるいは、抗菌剤の作用機序であるチミン枯渇による細胞死で生じるゲノム不安定性も、微生物で研究しています。**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

大学で生物の授業を受けていることが望ましいですが、特にバックグラウンドは問いません。また、微生物を取り扱った経験も問いません。染色体複製、あるいは、突然変異やゲノム不安定性の研究に興味があり、意欲のある方なら誰でも歓迎します。

## 研究室の指導方針

生命の基本的問題に強い興味を持つ学生に、研究者や社会人として活躍できる基礎的な力を養える教育に全力を注いでいます。また、就職希望の学生には、就職活動に十分配慮して研究指導を行います。

## この研究で身につく能力

材料として微生物(大腸菌)を用いて、分子遺伝学とゲノム生物学の手法を駆使しながら多面的な研究を精力的に推進しています。これらを通じて、微生物やDNAについての様々な実験手技や解析法を身につけることが出来ます。また、教員の直接指導の元で、それぞれ独立した研究テーマで日々の研究を主体的に進めてもらう過程で、プロジェクト遂行力を養えます。さらに、日々の成果についての教員や他の学生との議論を通じて、新たな課題を見出す力(問題発見力)、あるいは、その課題に対してどのように取り組めばよいのか考えて行動する力(問題解決力)も養えます。

## 修了生の活躍の場

本研究室の卒業生は、微生物関係に限らず様々な業種に就職して活躍しています。令和2年度の修了生の就職先は、大塚製薬と日清製粉です。

過去の修了生の主な就職先は以下です。第一三共、大正製薬、田辺製薬、キッセイ薬品、アース製薬、帝國製薬、プリストル・マイヤーズ、ヤンセンファーマ、ノエビア、味の素、黄桜、オリエンタル酵母、ホクト、ヤマキ、雪印メグミルク、キューサイ、昭和産業、イービーエス、朝日工業、アズワン、有人宇宙システム、トヨタ自動車、キアゲン、東洋紡、ヒューマンリソシア、日本赤十字、島津製作所、浜松ホトニクス、三菱化学、日本IBM、マツモトキョシ、京都大学、大阪大学、名古屋大学、国立がんセンター、国立遺伝学研究所、奈良県立医科大学、環境科学技術研究所、放射線医学総合研究所、京都産業大学、金沢医科大学、岐阜聖徳学園大学など。

## 研究内容

ゲノム複製では、複製開始点で形成されたY字型の複製フォークが、鋳型DNA上を移動しながら新生DNAを合成します。そのとき、複製フォークの進行は、染色体DNA上の様々な要因によって常に妨げられています。その阻害要因は、DNAの自然損傷、DNAに結合している蛋白質、転写中のRNAポリメラーゼ、染色体の高次構造などです。さらに、ヌクレオチドの欠乏によるDNA合成の基質不足も、複製フォークの進行を阻害します。これらの要因による複製フォークの進行阻害は、突然変異やゲノム不安定性による発がんや遺伝疾患、あるいは、細胞死に繋がります。

### (1) 複製フォークは、染色体上をどのように進行しているのか

基礎生物学の教科書に記載されているように、複製フォークで働く複製酵素の基本的な機能は、分子レベルで理解が進んでいます。一方、「複製フォークが、様々な複製阻害の要因に溢れている染色体上をどのように動いているか(複製フォークの動態)」は、突然変異やゲノム不安定性の解明に不可欠ですが、その内容は微生物でも真核生物でも明らかではありません。私たちは、染色体での複製フォークの動態解析を、大腸菌を用いて微生物で初めて可能にしました。そして、染色体上の複製フォーク動態の基本原理の解明を目指して、この新しい解析法を駆使して研究しています。また、複製フォーク動態の異常によって発生する突然変異や染色体異常について、その発生と抑制の機構も研究しています。

### (2) ヌクレオチド欠乏の環境で、ゲノム不安定性はどのように生じるのか

チミンの飢餓(枯渇)はDNA複製を阻害し、真核生物でも微生物でも、細胞が劇的に生存力を消失する「チミン飢餓死」を生じます。医療現場で長年使われている抗がん剤5-FU(5-フルオロウラシル)や抗菌剤トリメトプリムは、チミン合成を阻害してこのチミン飢餓死を誘導しますが、その細胞死の機構は何れの生物でも謎です。大腸菌のチミン飢餓では、複製開始点周辺のゲノム領域が選択的に消失します。しかし、DNA合成の基質不足による複製阻害はゲノム全般で起きるので、このゲノム消失は単純なチミン不足だけでは説明できません。私たちは、チミン不足に依存して複製フォークを停止するゲノム領域をこのゲノム消失部位に発見し、チミン飢餓死のゲノム不安定と細胞死のメカニズム解明を目指して、この複製停止領域を解析しています。

## 研究設備

各種培養装置、DNA解析装置、顕微鏡、分光光度計、遠心機 など

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究業績

- [1] K. Uchida et al., Mol. Microbiology, 70, 608-622, 2008
- [2] T. Mori et al., Genes Genet. Syst., 87, 75-87, 2012
- [3] M. Ikeda et al., Genes Genet. Syst., 87, 221-31, 2012
- [4] A. Furukohri et al., Nucleic Acid Res., 40, 6039-6048, 2012
- [5] T. M. Pham et al. Mol. Microbiology, 90, 584-596, 2013
- [6] M. Ikeda et al., Nucleic Acid Res., 42, 8461-72, 2014
- [7] K.W. Tan et al., Nucleic Acid Res., 43, 1714-25, 2015
- [8] M.T. Akiyama et al., Genes Cells, 21, 907-914, 2016



# ストレス微生物科学研究室

https://bsw3.naist.jp/takagi/



(写真左から)

教授：高木 博史 hiro@bs.naist.jp

准教授：木保 行雄 kimata@bs.naist.jp

助教：那須野 亮 r-nasuno@bs.naist.jp

助教：西村 明 nishimura@bs.naist.jp

助教：両角 佑一 y-morozumi@bs.naist.jp

助教：中瀬 由起子 nakase.yukiko@bs.naist.jp

## 微生物の未知なるパワーを解明し、人類に役立つ微生物を創成しよう!!

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

微生物学、分子生物学、細胞生物学に関する知識や、代謝、酵素などに関する研究の経験をお持ちの方は大歓迎ですが、未経験の方も、微生物に対する好奇心とチャレンジ精神のある方ならきっと大丈夫です。

### 研究室の指導方針

「労を惜しまず、時間を惜しもう!! 研究を楽しもう!!」を研究ポリシーとしています。バイオサイエンス・テクノロジーに対する広い知見と深い専門性を兼ね備え、食糧、エネルギー、環境、生命などの現代社会や地球環境が抱える様々な課題に対して積極的にチャレンジできる人材の育成を目指しています。また、社会人になる直前の重要な時期に、人間力(マナー、元氣、熱意)を身につけ、豊かな人間性を育むことも大切と考えています。留学生の割合が高いのも当研究室の特徴の一つであり、日常的に英語が飛び交う活気あふれる研究室です。

### この研究で身につく能力

微生物の様々な機能・機構を理解することによって、微生物の多様性を明らかにするだけでなく、高等生物では解析が難しい複雑な生命現象に対し、新しい作業仮説、解決のヒントなどを導き出し、それらを科学的に検証していくための能力が習得できます。また、得られた基礎的な研究成果を有用な微生物育種(酵母、乳酸菌、大腸菌)、物質生産(酵素、アミノ酸、タンパク質、バイオ燃料)などのバイオテクノロジー技術の開発に応用するための考え方や実際のプロセスを学ぶこともできます。さらに、国内外での学会発表を積極的に行ってもらいますので、研究成果のまとめ方やプレゼンテーション・ディスカッション能力などを日本語・英語の両方で身につけることも可能です。

### 修了生の活躍の場

微生物のバイオサイエンス・テクノロジーに関する専門性を活かし、食品、化学、製薬、発酵・醸造、アカデミア(大学・研究機関)などの多様な分野で先輩たちが活躍しています。

### 研究内容

当研究室では、ストレスを「恒常性が保たれた生体のバランスを崩す外部要因や環境因子」と定義しています。微生物は私たちのような多細胞生物と異なり、個体として常に環境からのストレスに曝されています。微生物は様々なストレスに応答し、細胞内の遺伝子発現、タンパク質間相互作用・酵素活性、代謝経路などを制御することで、地球上の激しい環境変化に適応してきました。私たちの研究室では、微生物を対象に以下のような研究に取り組んでいます。

#### 1) 酵母における新規なストレス応答・耐性機構の解明

微生物は、進化の過程でストレスを迅速に認識し、かつ正確に処理するシステムを獲得しており、微生物の研究によって、環境適応や生命応答の「全体像」を捉えることも可能です。高等生物のモデルとして、また発酵食品・バイオエタノール等の製造に重要な酵母を用い、私たちが新たに見出した様々な環境ストレスに対する細胞の応答・耐性の分子機構を解明します(バイオサイエンス)。

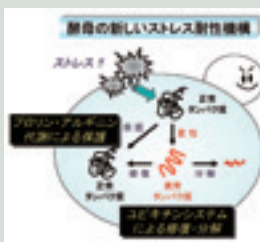
- ・プロリンの生理的役割と細胞内オルガネラへの輸送機構
- ・プロリン/アルギニン代謝を介した一酸化窒素(NO)の生成機構と生理機能
- ・ユビキチンシステムによる異常タンパク質の修復・分解機構

#### 2) ストレス応答・耐性機構の産業酵母の育種への応用

微生物による発酵生産過程は細胞にとってストレス環境であるため、微生物の有用機能(エタノール、炭酸ガス、味・風味成分、アミノ酸、有機化合物の生産など)が制限され、発酵生産力にも限界があります。そこで、私たちが見出した基礎的知見を活用し、ストレス耐性を高めた産業酵母の育種に応用する研究を進めています(バイオテクノロジー)。

- ・ストレス耐性機構の高機能化と高度利用による産業酵母の育種
- ・アミノ酸の代謝制御機構と生理機能に着目した産業酵母の育種

また最近では、当研究室で開発した酵母を用いて、沖縄の伝統蒸溜酒として知られる泡盛の商品化(ハイパーイースト101、はなはなハイビスカス酵母仕込み、尚KAMIMURA)に成功するなど、これまでの研究成果が着実に実を結び、社会に還元されています。



### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

#### 【研究業績】

- 1) Nishimura et al., Yeast, in press (2020)
- 2) Ohashi et al., Metab. Eng., 62, 1-9 (2020)
- 3) Koonthongkaew et al., Appl. Microbiol. Biotechnol., 104, 7915-7925 (2020)
- 4) Anam et al., Sci. Rep., 10, 6015 (2020)
- 5) Watanabe et al., Appl. Environ. Microbiol., 85, e02083-18 (2019)
- 6) Ohashi et al., J. Ind. Microbiol. Biotechnol., 46, 1039-1045 (2019)
- 7) Abe et al., Front. Genet., 10, 490 doi:10.3389/fgene.2019.00490 (2019)
- 8) Mat Nanyan et al., FEMS Yeast Res., 19, foz052 (2019)
- 9) Nishimura et al., J. Biol. Chem., 294, 13781-13788 (2019)
- 10) Mukai et al., Microbial Cell, 7, 482-490 (2019)
- 11) Watanabe et al., Appl. Environ. Microbiol., 84, e00406-18 (2018)
- 12) Watanabe et al., Appl. Environ. Microbiol., doi:10.1128/AEM.00406-18
- 13) Takpho et al., Metab. Eng., 46, 60-67 (2018)

14) Tsolmonbaatar et al., Int. J. Food Microbiol., 238, 233-240 (2016)「日本農芸化学会大会トピックス賞」受賞

15) Le et al., FEMS Yeast Res., 16, fow049 (2016)

16) Yoshikawa et al., Nitric Oxide, 57, 85-91 (2016)

17) Astutiet al., Nitric Oxide, 52, 29-40 (2016)

18) Watanabe et al., Appl. Environ. Microbiol., 82, 340-351 (2016)

19) Nasuno et al., J. Biochem., 159, 271-277 (2016)「JB論文賞」受賞

20) Wijayanti et al., J. Biochem., 157, 251-260 (2015)「JB論文賞」受賞

21) Takagi et al., J. Biosci. Bioeng., 119, 140-147 (2015)「生物工学論文賞」受賞

22) Shiga et al., Eukaryot. Cell, 13, 1191-1199 (2014)

23) Nasuno et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 110, 11821-11826 (2013) など

#### 【共同研究】

アサヒビール、味の素、オリエンタル酵母、月桂冠、キッコーマン、菊正宗、三和酒類、テールマーク、テクノール、バイオジェット、新里酒造、石川酒造場、神谷酒造所、神村酒造、奈良県産業振興総合センターなど実績多数

# (テニユア・トラック)環境微生物学研究室

<https://bsw3.naist.jp/ssk-yoshida/>



特任准教授：吉田 昭介 ssk-yoshida@bs.naist.jp

## 微生物をみる、しる、つくる。持続可能な社会を目指して。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

目前の課題を解決するために必要な知識と能力が何かを見極め、それらをその都度身につけて前進・成長してもらいたいと考えています。意欲やへこたれない心は研究生生活を楽しく送るのに大事です。

### 研究室の指導方針

2017年12月に開設された新しい研究室です。少人数制でじっくりと指導します。研究テーマは、教員とよく話し合って興味をもてるものを選んでもらいます。研究を進めるのに必要な知識や技術はミーティング、セミナーを介して研究室で共有します。それらをもとに未解明の問題にチャレンジしましょう。教員も学生も常に学び、双方向性のディスカッションにより研究を進めます。また学会発表や論文執筆など、対外的に成果を発表することを推奨します。

### この研究室で身につけられる能力

微生物の研究を通して、独自の生命観が養われます。本研究室では、微生物を構成する酵素などの分子を主に扱いますが、その分子を通して細胞、それを取り巻く環境、そして生命の進化を論理的に考えます。技術的には、微生物の培養や、遺伝子工学、タンパク質工学、代謝工学、イメージングなど、さまざまな手法を組み合わせて研究を進めます。また、新しい研究手法も積極的に取り入れますので、先端かつ広い視野を持つ訓練となります。一方で、研究の深さを重要視していますので、考え抜く力、発想力が身につきます。実験、ディスカッション、研究報告を通して、研究力はもちろん、実行力、文章力、プレゼンテーション力など普遍的な力が身につきます。

### 修了生の活躍の場

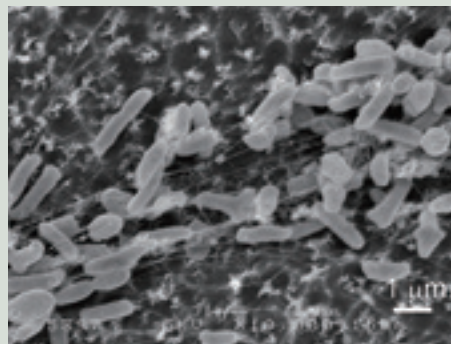
食品、化学、製薬、化粧品、酒造などの分野

### 研究内容

微生物は地球上のあらゆる環境に生息しており、地球環境の恒常性維持に深く関与しています。たとえば、私たちは自然界では生分解されないと考えられていたプラスチックを分解・代謝する細菌を研究していますが、なぜ微生物はこのような特殊な能力を持ち、またそれを持つに至ったのでしょうか？環境微生物学研究室では、微生物の様々なスケールの生体部品を研究対象とし、その機能を明らかにすることで微生物学のフロンティア開拓に挑んでいます。そして、環境問題に資する技術やリファイナリー技術などの開発を通じて、持続可能な社会の実現を目指した研究を展開しています。具体的な研究テーマとして、以下を挙げます。

(1) PET分解細菌の研究：プラスチックの一種であるポリエチレンテレフタレート (PET) はペットボトルやポリエステル繊維の材料です。上記のプラスチック分解細菌はPETを分解・代謝することができます。これまでに、ユニークな酵素の発見から、本細菌がPETを栄養源として利用していることが明らかとなりました。本研究では、ゲノム、トランスクリプトームのような分子生物学的な情報を紐解き、遺伝学的手法や生化学的手法を用いてPET分解機構の解明を目指しています。

(2) 代謝工学によるプラスチックリファイナリー：プラスチックは生分解されないため、自然界に蓄積し、景観や生態系を破壊しています。従来のリサイクル手法は、膨大なエネルギーを消費し、激しい薬剤を使用するなど、高コスト・高環境負荷という問題があります。一方、PET分解細菌はPETを分解し、自身のエネルギーや細胞の構成成分に変換する代謝系を持っています。この代謝の発見は、廃棄されたPETの有効利用の可能性を拓きました。本研究テーマでは、菌の代謝能力に着目し、PETから付加価値の高い化合物を生産する株の育種を試みます。



PET分解細菌の電子顕微鏡画像

### 研究設備

微生物培養機器、DNA増幅装置、高速液体クロマトグラフィー、微量分光光度計、プレートリーダー、超音波破碎装置、各種電気泳動装置、画像解析装置など

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

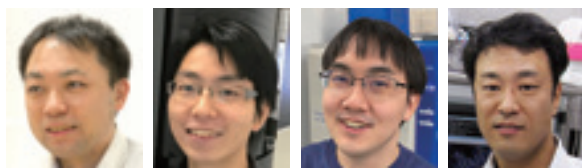
主な研究業績

- [1] Taniguchi, I.\*, Yoshida, S.\* (\*equally contributed), et al., *ACS Catal.* 9, 4089-4105, 2019
- [2] Yoshida S. et al., *Science* 351, 1196-1199, 2016
- [3] Tanasupawat S. et al., *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 66, 2813-2818, 2016
- [4] Yoshida S. et al., *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 79, 1965-1971, 2015
- [5] Yoshida S. et al., *Biochemistry* 50, 3369-3375, 2011
- [6] Nishitani Y.\*, Yoshida S.\* (\*equally contributed) et al., *J. Biol. Chem.* 285, 39339-39347, 2010
- [7] Yoshida S. et al., *J. Bacteriol.* 192, 5424-5436, 2010
- [8] Yoshida S. et al., *J. Bacteriol.* 192, 483-493, 2010
- [9] Yoshida S. et al., *Appl. Environ. Microbiol.* 73, 6254-6261, 2007



# 構造生命科学研究室

https://bsw3.naist.jp/tsukazaki/



(写真左から)

教授：塚崎 智也 [ttsukaza@bs.naist.jp](mailto:ttsukaza@bs.naist.jp)

助教：市川 宗厳 [michikawa@bs.naist.jp](mailto:michikawa@bs.naist.jp)

助教：宮崎 亮次 [m.ryoji@bs.naist.jp](mailto:m.ryoji@bs.naist.jp)

助教：北野 健 [kkitano@is.naist.jp](mailto:kkitano@is.naist.jp)

## 世界で一番に新しいことを発見しよう。

研究室での生活はこれまでとは環境が大きく異なることになりますが、こつこつ粘り強く、とにかく楽しんで研究を進めましょう。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

生命現象を分子レベルで理解する強い気持が必要で、研究には大学レベルの分子生物学、生物物理学、有機化学の知識やプログラミングの知識を用いますが、これらは研究活動を通して身につけることができます。

### 研究室の指導方針

本研究室では様々なバックグラウンドの学生を受け入れ、個人の能力に応じたテーマを設定し、研究活動を中心に指導します。実験結果は、予測と異なることも多いですが、それらの結果は必ずそうなる理由があります。真摯にデータに向き合い、生命現象の本質を明らかとしていきます。また、研究室での研究活動は最も優れたアクティブラーニングの一つであり、「思考力、判断力、論理力」など社会人として必要な能力が身につくように指導を行います。

### この研究で身につく能力

研究活動に真摯に取り組むことで、社会人として必要な能力である思考力・判断力・論理力・まとめ上げる力・表現力・ディスカッション能力などが自ずと身につきます。研究活動では英語の論文を読んだり、英語の発表を行ったりする機会もあり、英語の能力も鍛えられます。これらの能力は就職活動に役立ちます。また、当研究室で研究を進めることで、科学的に物事を捉える視点が養われます。技術的にはタンパク質の精製方法や、タンパク質の構造解析の手法などタンパク質科学の高い専門性が身につきます。このような高い専門性を求める製薬企業の応募も近年多く見られます。学生には、当研究室でしかできない貴重な研究活動を通して、基礎的教養を身につけ、社会で活躍してほしいと考えています。

### 修了生の活躍の場

研究室で培った力で、理系だけに限らず、食品、製薬、化学、アカデミック、ITコンサルタント、特許事務所など、業種を問わず幅広く活躍しています。

### 研究内容

生命現象にはタンパク質・RNA・DNAをはじめ様々な分子が関わっています。生命を理解するためにはこれらがどのように働いているかを知る必要があります。これら分子の構造情報を知ることが機能の解明に有用です。当研究室の研究対象はさまざまですが、研究例として膜タンパク質の解析について紹介します。膜タンパク質の多くは膜上でダイナミックな構造変化を起こしながらタンパク質や小分子やイオンを輸送したり、膜内で酵素反応を行ったりするなどその役割は多岐にわたります。膜タンパク質は生体内でのシグナル伝達にも重要な働きをするため医薬や薬剤の標的としても注目されています。膜タンパク質はその疎水性の高さから扱いが非常に困難であり、親水性の可溶性タンパク質にくらべ解析が遅れていましたが、膜タンパク質の構造解析の報告は近年増加傾向にあります。しかしながら、膜タンパク質に関わる多くの生命現象を解き明かすためには、さらなる研究が必要です。当研究室ではこれまで、タンパク質やイオンの輸送の分子メカニズムの解明に向けて新たな研究手法を組み合わせた構造生物学的解析による基盤研究を進めてきました。

私たちの研究のなごれを説明します。はじめに機能を知らいたいタンパク質の構造を原子レベル・分子レベルで明らかとします。詳細な構造を得ることができれば、一気に視界がひらけ解析対象としているタンパク質がどのように機能しているのかについて、多くの知見を得ることができます。この点が構造の詳細を得ることの最大の利点です。次に、構造情報から考へる作業仮説を、機能解析などを行うことで検証していきます。最近では高速原子間力顕微鏡(高速AFM)などを用いたリアルタイム1分子動態解析などの手法もとりいれてタンパク質が生きて働く姿を可視化しようとしています。研究内容は、基盤的な内容を多く含みます。一言でいえば「教科書に掲載されるような研究」を目指しているといえます。実際に、私たちが進めた膜タンパク質SecDFの構造機能解析の内容は、図に示したMembrane Structural Biologyの専門的な教科書の190ページに図入りで紹介されました。これは一例ですが、このような質の高い研究を今後も進めていきます。



### 研究設備

- 培養装置: Innova 43R
- 細胞破碎装置: マイクロフルイダイザー-M-110EH
- 遠心機: 日立CR22N
- 超速心機: 日立CSFNX
- 結晶クロマトグラフィーシステム: AKTA pure 25、島津HPLC
- 結晶化ロボット: GRYPHON LCP
- タンパク質結晶UV観察システム: JANSi UVEX
- 蛍光分光器: 日立F-7000
- ケミルミイメーシングシステム: FUSION SYSTEMなど

### 主な研究業績と外部資金

(主な研究業績)

- Tanaka et al., *Sci. Adv.*, 6, eaba7637 (2020)  
 Furukawa A et al., *Cell Rep.* 19, 895-901 (2017)  
 Tanaka Y et al., *Cell Rep.* 13, 1561-1568 (2015)  
 Kumazaki K et al., *Nature* 509, 516-520 (2014)  
 Tsukazaki et al., *Nature* 744, 235-238 (2011)  
 Tsukazaki et al., *Nature* 455, 988-991 (2008)

(外部資金)

- JST さきがけ「Secタンパク質膜透過装置の次世代構造生物学」2012年度-2015年度  
 科研費 基盤研究(B)「すべての生物に共通する膜タンパク質形成過程の構造生命科学研究」2014年度-2016年度  
 科研費 基盤研究(B)「タンパク質膜透過チャネル複合体の構造基盤とそのしくみ」2018年度-2020年度  
 科研費 新学術領域研究計画研究「タンパク質分泌システムの活写」2014年度-2018年度



# 遺伝子発現制御研究室

<https://bsw3.naist.jp/bessho/>



(写真左から)

教授：別所 康全 ybesse@bs.naist.jp

准教授：松井 貴輝 matsui@bs.naist.jp

助教：秋山 隆太郎 r-akiyama@bs.naist.jp

助教：北川 教弘 n-ishida@bs.naist.jp

## 生命の不思議に挑戦する。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

生命の不思議への興味とそれを解き明かそうとする意欲を持っていること。生物学に限らず、これまでに習得してきた数学、情報科学、化学など、さまざまな知識・能力を活用することができます。

### 研究室の指導方針

生命の不思議に、さまざまな手法を使って総力戦で挑みます。特に、発生生物学など、ダイナミックな生命現象に着目し、分子動態やシグナル活性を可視化することで生命現象の動作原理を明らかにします。それぞれのメンバーが得意とする能力を生かしつつ、知識・技法を研究室全体で共有して、すべてのメンバーがともに成長できることを目指します。また、他の研究室と積極的に共同研究を行います。

### この研究で身につく能力

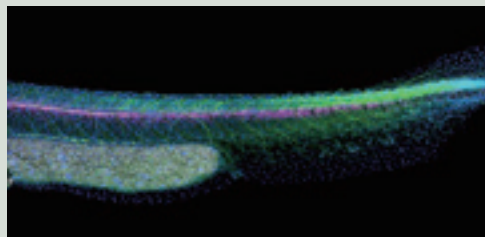
基本的な分子生物学、細胞生物学の知識と技法が身につきます。また、生物学のさまざまな手法を知ることができます。それらを通して、生命現象の動作原理に総合的にアプローチするロジックを身につけることができます。このことは生命の不思議を解き明かすためだけでなく、あらゆる問題に対して応用することが可能です。将来、解決すべきさまざまな問題に取り組むときに、きっと役立ちます。

### 修了生の活躍の場

食品企業、製薬企業、酒造企業など。

### 研究内容

多細胞生物の発生の発生過程、すなわち受精卵から体ができるまでのプロセスでは、細胞分裂、細胞移動や細胞分化などのさまざまな現象が順序正しくおこっています。生命の設計図である“ゲノム”はそれぞれの細胞の中にあり、それぞれの細胞はゲノム情報にしたがってふるまい、全体としてそれぞれの細胞が協調して均整のとれたからだをつくりだします。そして、そのしくみは、生物学に残された大きな謎です。私たちの研究室は、生物リズム、細胞の集団的ふるまい、器官サイズの制御などを切り口として、遺伝子発現、分子シグナル、細胞相互作用が巧妙に組み合わさって自己組織化が生じるメカニズムにチャレンジしています。



多細胞生物の発生過程のモデルとして、マウス胚、ゼブラフィッシュ胚などを用いています。これらは、モデル生物としてのさまざまな利点を持っており、ヒトを含むせきつい動物のよいモデルであるといわれています。特に発生がはやく、からだが見えるゼブラフィッシュ胚をつかってライブイメージングを行い、細胞の遺伝子発現やシグナル活性状態と細胞のふるまいを同時に観察、計測します。それらの時空間的な情報を解析し、ダイナミックな生命現象が遺伝子発現や分子シグナルによってどのように制御されているかを理解し、その中心にあるロジックを明らかにします。

取り組んでいる発生現象は多岐にわたります。せきつい動物のくりかえし構造のもとになる体節形成では、分節化が生物リズムによって制御され、順々に一定周期でおこります。水流や水圧を感知する感覚器である魚の側線器官は、集団移動する細胞から、一群の細胞が決まった場所に決まったタイミングで分離することによって形成されます。表皮の創傷治癒では、傷を受けた細胞の周りの細胞が協調して傷を修復します。こうした現象についてさまざまな分子プローブを用いて分子シグナルを可視化し、また得られた定量データに基づいて数理モデルの構築をおこなうことにより、生命の不思議に挑戦します。

### 研究設備

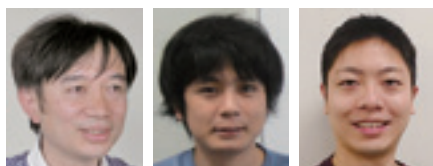
蛍光顕微鏡、実体顕微鏡、分子生物学関連機器など。

### 研究業績

- Naoki H. et al., PLoS Computational Biology, 15, e1006579, 2019
- Sari D.W.K. et al., Scientific Reports, 8, 4335, 2018
- Yamada S. et al., Biology Open, 6, 1575-, 2017
- Akiyama R. et al., Development, 141, 1104-, 2014
- Matsui T. et al., Development, 139, 3553-, 2012
- Kim W. et al., Molecular Biology of the Cell, 22, 3541-, 2011

# 神経システム生物学研究室

https://bsw3.naist.jp/inagaki/



(写真左から)

教授：稲垣 直之 ninagaki@bs.naist.jp

助教：馬場 健太郎 ke-baba@bs.naist.jp

助教：嶺岸 卓徳 t-minegishi@bs.naist.jp

**生き物が好き、研究が好きな人を歓迎します。面白い研究をしましょう。**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

Essential細胞生物学をよく読んで、基礎知識を身に付けてください。これまでの経験は問いません、実験技術はしっかりと教育します。

## 研究室の指導方針

私たちの研究室では、最先端のバイオサイエンスの研究を通じて、優れた研究者および社会で活躍するリーダーを育成することを目指しています。そのためにも、毎週行われるミーティングで成果の発表と議論を行い、短期・長期の目標設定とスケジュールのマネジメントができるように指導をしています。毎週のミーティングの積み重ねを通して、研究者・リーダーとしての力を付け、世界に情報発信ができるように教育します。また、留学生を交えた環境の中、異なるバックグラウンドを持った人と理解・協力し合えるグローバルな人材を育成します。

## この研究で身につく能力

私たちの研究室では、最先端の研究を通じて論理的な考え方と問題解決能力を養います。また、留学生を交えた毎週のミーティングを通じて、英語を交えたプレゼンテーション能力やコミュニケーション能力も身につきます。研究室では、細胞生物学、生化学、分子生物学、発生生物学、生物物理学の最先端の手法を駆使して研究がおこなわれていますが、スタートは難しくはありません。数学も必須ではありません。まずは生化学・分子生物学の基礎を指導し、興味やプロジェクトに応じて様々な手技を学ぶことができます。また、日々の研究を通じて、基礎医学、薬学、生物学の知識やバックグラウンドも身につけることができます。ラット、マウス、ゼブラフィッシュ、培養細胞の扱いも身につきます。

## 修了生の活躍の場

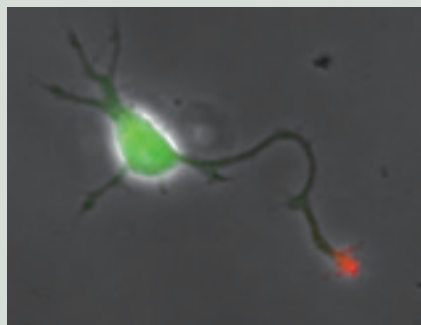
- ・製薬系：大鵬薬品、Johnson & Johnson、東和薬品、大塚製薬、キッセイ薬品、阪大微生物病研究会、他
- ・食品系：味の素冷凍食品、雪印メグミルク、Mizkan J plus Holdings、他
- ・アカデミア：奈良先端科学技術大学院大学、旭川医科大学、関西学院大学、琉球大学、シカゴ大学、クイーンズランド大学、他

## 研究内容

私たちの脳内では、1,000億もの神経細胞が精巧な神経回路網（ネットワーク）を形づくっています。そして神経細胞同士がネットワーク上でコミュニケーションをとることにより、ヒトは感じたり、考えたり、うまく運動したりできるわけです。脳内における神経回路網形成は(a)神経細胞の移動、(b)神経細胞の軸索形成、(c)軸索のガイダンス、(d)シナプスの形成およびその調節といった複数のステップから構成されています。私たちの研究グループはこのような神経ネットワーク形成のしくみを、本研究室で発見されたShootin (図の赤)やSingarの機能を中心として、細胞生物学、生化学、分子生物学、発生生物学、生物物理学、数理科学の最先端の手法を駆使することにより解析しています。

特に現在、神経軸索の伸長方向が脳内で正しくナビゲーションされる仕組み（ガイダンス）に関して、最先端の研究を行っています。また、これに関連して、細胞移動、がん細胞の浸潤・転移、細胞内の新しい分子輸送、脳の奇形、記憶・学習、細胞接着の仕組み等を日々研究しています。

私たちは、これらの研究が生き物の形づくりの仕組みの深い理解につながり、現代の難治性疾患である脊髄損傷や脳外傷、あるいはアルツハイマー病、認知症やがんなどの治療法の開発につながることを期待しています。



## 研究設備

全反射顕微鏡、電動ステージ付タイムラプス蛍光顕微鏡、コンフォーカル顕微鏡等

## 研究業績

- ・ Minegishi T. and Inagaki N., Front Cell Dev Biol doi:10.3389/fcell.2020.00863 (2020)
- ・ \*Huang L. et al., Sci Rep 9, 1799 (2019)
- ・ Uraseki A. et al., Sci Rep 9, 1799 (2019)
- ・ \*Minegishi T. et al., Cell Rep 25, 624-639 (2018)
- ・ \*Baba K. et al., eLife, 2018;7:e34593 (2018)
- ・ \*Abe K. et al., PNAS 115, 2764-2769 (2018)
- ・ Inagaki N. and Katsuno H. Trends Cell Biol. 27, 515-526 (2017)
- ・ \*Higashiguchi Y. et al., Cell Tissue Res. 366, 75-87 (2016)
- ・ \*Katsuno H. et al., Cell Rep., 12.648-660 (2015)
- ・ \*Kubo Y. et al., J. Cell Biol., 210, 663-676 (2015)
- ・ Toriyama M. et al., Curr. Biol., 23.529-534 (2013)

- ・ \*Nakazawa H. et al., J. Neurosci., 32, 12712-12725 (2012)
- ・ Toriyama M. et al., Mol. Syst. Biol., 6, 394 (2010)
- ・ Shimada T. et al., J. Cell Biol., 181, 817-829 (2008)
- ・ \*Mori T. et al., J. Biol. Chem., 282, 19884-19893 (2007)
- ・ \*Toriyama M. et al., J. Cell Biol., 175, 147-157 (2006)
- ・ †Nomura E. et al., J. Mass Spectrometry 39, 666-672 (2004)
- ・ Inagaki and Katsuta. Curr. Proteomics 1, 35-39 (2004)
- ・ †Oguri T. et al., Proteomics 2, 666-672 (2002)
- ・ Fukata Y. et al., Nature Cell Biol. 4, 583-591 (2002)
- ・ Inagaki N. et al., Nature Neurosci., 4, 872-873 (2001)
- ・ Inagaki N. et al., J. Biol. Chem. 275, 27165-27171 (2000)
- ・ 嶺岸卓徳、稲垣直之、実験医学 38, 113-120 (2020)
- ・ 稲垣直之、生化学 91, 159-168 (2019)、他
- (\*博士後期課程学生の論文： †修士課程学生の論文)

- ・ 共同研究：カリフォルニアデービス校、京都大学、関西医科大学、金沢大学、理化学研究所、国立病院機構大阪医療センター、他
- ・ 外部資金：科研費、AMED-CREST、他

# データ駆動型生物科学研究室

http://ncb.naist.jp



教授：作村 諭 saku@bs.naist.jp  
助教：小鍛治 俊也 (写真なし)

慣れ親しんだ大学を出て、奈良の大学院に進もうとする意気込みを称賛します。一緒に生物学を楽しみましょう。

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

私達の研究室は生物学のデータ解析・数理モデリング部門です。そのため、数学・物理・コンピュータに関するある程度の基礎知識と興味が必要です。

## 研究室の指導方針

配属直後はデータ解析・数理モデリングに必要な基本スキルの習得をします。その後、各学生は担当する研究を行いながら、そのテーマに必要なより高度なスキルの習得をします。研究の方向性や解決方法をラボメンバー全員で議論しつつも、個々人にも楽しく苦労してもらいます。研究内容の面白さをメンバーで共有し、夢中になれるようにしていきたいと思っています。

## この研究で身につく能力

- ・生物データのような複雑な数値データを解析する技術
- ・複雑な現象に潜む本質を定式化する技術
- ・生物・数学・物理など分野を横断する広い視点
- ・専門的な技術とその結果を分かりやすく人に伝える技術

## 修了生の活躍の場

バイオ系、医薬系、IT系のどの分野でも進めます。

## 研究内容

### 1) 細胞の変形と移動のシステムバイオロジー

神経細胞が生み出す活動電位は、膜タンパクと膜電位からなるシステムの一側面です。同様に、細胞の変形や移動は、分子・力・形態からなるシステムの一側面と見ることができます。こうした異なる物理単位のシグナルによるシステムを解明するためには、分子・力・形態に関する実験データを解析し、これらシグナル間の数理的関係を導き出すことが重要です。本研究室では、以下のテーマについて取り組んでいます。

- ▶細胞骨格形成と力を制御する分子と細胞変形のシステム解明
- ▶基質の硬さ依存性の細胞走性
- ▶膜電位依存性の神経軸索誘導の原理解明

### 2) 生体組織形成のシステムバイオロジー

数十個程度の細胞からなる生体組織は、細胞間のコミュニケーションが必要です。細胞どうしによるシグナル交換、各細胞によるシグナル変換、表現型として形成された生体組織が一体となってシステムを構成していると思えることができます。こうしたシステムを、実験データを導入した数理解析によって解明することを目的とします。本研究室では、以下をテーマとしています。

- ▶脊椎動物の発達における細胞間協調
- ▶細胞移動の原理に基づく血管新生

### 3) 機械学習を用いた表現型に関わる重要要素の推定

細胞や個体には個性があり、観察精度を上げてデータは複雑なままであることがよくあります。そのため、複雑なデータから細胞や個体に共通した知見を抽出することは、もはや研究者の直感では難しくなっています。本研究室では、以下のテーマについて、計算機で分子と表現型の関係性を定量的に構築し、そこから一般的な知見を抽出することを目指しています。

- ▶膜電位を用いた重要な分子シグナルフロー推定
- ▶ヒトの呼気成分を用いた病状推定
- ▶酵素阻害剤に対する応答データを用いた重要酵素推定
- ▶多階層オミクスデータを用いた細胞内分子ネットワークの構築
- ▶最適制御理論に基づく細胞システムのモデルベース制御

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

### 研究業績

- [1] Wong et al, Plant Physiology, doi:10.1104/pp.19.00811, 2019.
- [2] Inoue, et al, Cell Struct Funct, 2018
- [3] Yamada, et al, Scientific Reports, 2018.
- [4] Sakumura et al, Sensors, 17, 2017
- [5] Filippi et al, Cell reports, 15 (11), 2524-2535, 2016.
- [6] Okimura et al, Cell Adhesion & Migration, 10, 331-341, 2016.
- [7] Katsuno et al, Cell Reports, 12, 1-13, 2015.

[8] Fujimuro et al, Scientific Reports, doi:10.1038/srep06462, 2014.

[9] Pham et al, Mol. Microbiol. doi:10.1111/mmi.12386, 2013.

[10] Toriyama et al, Curr. Biol. 23, 529-534, 2013.

[11] Kunida et al, Journal of Cell Science, 125 (10), 2381-2392, 2012.

### 共同研究

NAIST バイオ・情報・物質の研究室 ■ 東京理科大学 生命科学研究所 ■ 山口大学 理学部 ■ 国立循環器病研究センター研究所 ■ 日本医科大学 先端医学研究所 ■ 愛知県がんセンター ■ 産業技術総合研究所 ■ 広島大学 医歯薬保健学研究院 ■ Miami 大学 医学部



# 微生物分子機能学研究室

(公益財団法人地球環境産業技術研究機構)

http://www.rite.or.jp/



客員教授：乾 将行 inui@rite.or.jp

## 世界最先端のバイオリファイナリー技術を駆使して地球温暖化やエネルギー資源問題の解決に挑戦しています。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

バイオ分野の基礎知識があれば研究を開始しやすいですが、これまでバイオ以外の分野の多くの学生さんも学位を取得してきた実績があります。研究に対する強い意欲、好奇心がある人が適しています。

### 研究室の指導方針

多数の民間企業・大学及び海外研究機関との共同研究を行っており、現代社会が直面している地球温暖化等の環境問題をバイオ技術により解決する研究テーマに取り組むことができます。社会に出て、即戦力として活躍できる人材となるように、基本的なマナー、社会常識等を指導します。研究は自主性を重んじる方針で、自分の発想を研究に活かします。連携研究室のため、多数の博士研究員が在籍しており、学生一人一人を丁寧に指導します。学会や学術論文等の外部発表は積極的に行っています。博士号取得に向けて、英語論文を執筆投稿できるように指導します。

### この研究で身につく能力

石油から生産されるほとんどの燃料や化学品は、非可食バイオマスや廃棄物等を原料として、環境に優しいバイオ技術によって生産可能です。この技術は、人間の日常生活に不可欠な物質を生産すると同時に、地球温暖化の原因となるCO<sub>2</sub>を削減可能な理想的な技術です。皆さんが本学を修了後に活躍できるバイオから自動車産業までほとんどすべての分野の企業が現在この技術の導入を積極的に進めています。近年はさらに、このバイオ技術とデジタル技術が融合することにより、これまで人間では作り出せなかった高度に機能がデザイン・制御された微生物細胞「スマートセル」の創製が、人工知能やロボットの導入により可能となりつつあります。この「スマートセル」創製技術を当研究室で学ぶことができます。

### 修了生の活躍の場

バイオ、化学、エネルギー、自動車、製紙、食品、酒造、電力、電子、ガス、鉄鋼、化粧品関連等の企業、及び大学研究職

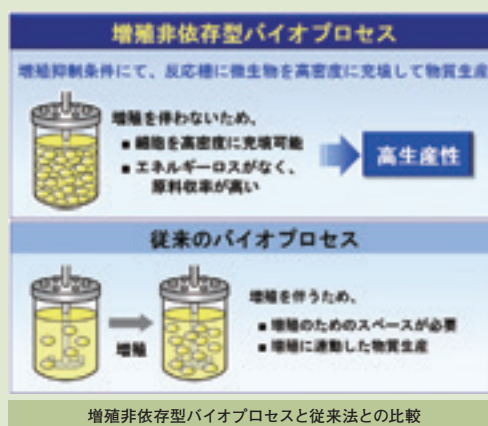
### 研究内容

#### 1) バイオリファイナリー基盤技術の確立

バイオリファイナリーとは、再生可能資源であるバイオマスからバイオプロセスにより化学品や燃料を生産するコンセプトで、循環型社会構築への大きな役割が期待され、米国では、国家科学戦略として技術開発が進められています。当研究室ではアミノ酸工業生産に広く用いられているコリネ型細菌を利用した高効率バイオプロセス「増殖非依存型バイオプロセス」を開発しました。高生産性のkeyは、微生物細胞の分裂増殖を人為的に停止した状態で化合物を製造させることにあります。遺伝子レベルで機能改良した微生物細胞を大量に調製し、反応槽に高密度に充填、分裂増殖を停止させた状態で高速度の反応を行います。微生物細胞をあたかも化学プロセスにおける触媒のように利用し、通常の化学プロセスと同等以上の生産性 (space time yield ; STY, 単位反応容積の時間あたりの生産量) が実現されます (図)。生産性の飛躍的向上を目指して、トランスクリプトーム解析やメタボローム解析、遺伝子ネットワーク解析等を統合して代謝経路のデザインを行い、生産物に最適な微生物細胞「スマートセル」を創製しています。

#### 2) バイオエネルギー及びグリーン化学品生産

増殖非依存型バイオプロセスを利用して、稲わらやコーンストーバ等の非食料バイオマスから次世代燃料 (バイオブタノール、バイオ水素) を製造する基盤技術を確立し、米国エネルギー省研究所 (NREL) と共同で実用化を目指した研究開発を進めています。その他、航空機燃料として期待されるバイオジェット燃料や、種々な産業で用いられる各種ポリマー原料となる有機酸、アルコール、芳香族化合物等の各種グリーン化学品の生産基盤技術にも取り組んでいます。



### 研究設備

DNAシーケンサー、自動核酸抽出機、高速液体クロマトグラフ質量分析装置 (LC/MS/MS)、ガスクロマトグラフ質量分析装置 (GC/MS)、各種ジャーファーメンター等、遺伝子組換え微生物の創製から有用物質の生産に至るまで基礎から応用までの各種実験装置が揃っています。

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

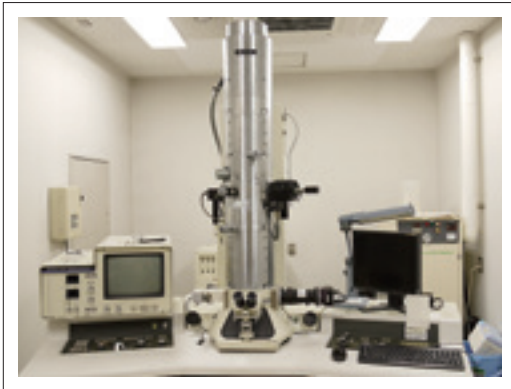
[ 1 ] Hasegawa S. et al., *Metab Eng.* 59, 24-35, 2020  
 [ 2 ] Shimizu T. et al., *Appl Microbiol Biotechnol.* 103, 9739-9749, 2019  
 [ 3 ] Han S.O. et al., *Biotechnol J.* 14, e1900160, 2019  
 [ 4 ] Tsuge Y. et al., *Appl Microbiol Biotechnol.* 103, 3381-3391, 2019  
 [ 5 ] Oide S. et al., *Enzyme Microb Technol.* 125, 13-20, 2019  
 [ 6 ] Shimizu T. et al., *Appl Environ Microbiol.* 85, e01873-18, 2019  
 [ 7 ] Tsuge Y. et al., *J Biosci Bioeng.* 127, 288-293, 2019  
 [ 8 ] Kogure T. et al., *Appl Microbiol Biotechnol.* 102, 8685-8705, 2018  
 [ 9 ] Maeda T. et al., *Mol Microbiol.* 108, 578-594, 2018  
 [ 10 ] Hasegawa S. et al., *J Microbiol Methods.* 146, 13-15, 2018

\*多数の国家プロジェクト・民間企業との共同研究を実施しています。

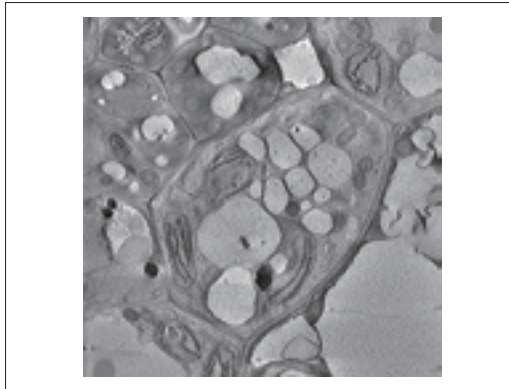
# バイオサイエンス領域・ 遺伝子教育研究センター設備機器

## 透過型電子顕微鏡

透過型電子顕微鏡は、薄い試料に電子線を照射し、試料を透過した電子線を検出して内部構造を観察する装置です。光より波長が短い電子線を使用するため、光学顕微鏡では観察できない微細な構造を観察することができます。主に、樹脂に包埋した生物試料の超薄切片や、ネガティブ染色した細菌・ウイルス・タンパク質などを観察します。



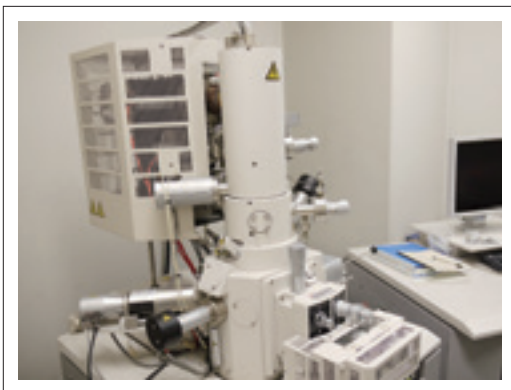
透過電子顕微鏡



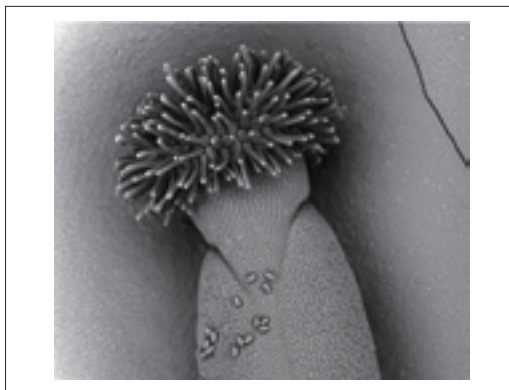
撮影画像例

## 走査型電子顕微鏡

走査型電子顕微鏡は、細く絞った電子線で試料を走査し、発生した信号を検出して試料の表面構造を観察する装置です。光より波長が短い電子線を使用するため、光学顕微鏡よりも高倍率で観察できます。また、焦点深度が深いので、広範囲に焦点の合った立体的な像を観察できます。主に、固定・乾燥・導電処理を行った試料を観察します。



走査型電子顕微鏡



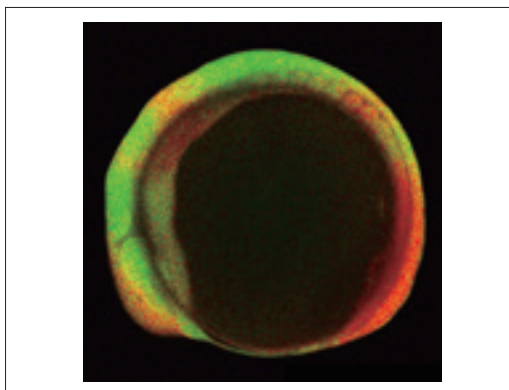
撮影画像例

## 共焦点レーザー顕微鏡

蛍光ラベルされた細胞内の構造を、生きたまま見ることができる顕微鏡システムです。多色蛍光観察、三次元立体構造解析、タイムラプス観察、光刺激実験など様々なライブイメージング実験に活用できます。Laica SP8 FALCONとZeiss LSM シリーズ(LSM700、LSM710、LSM7Duo)を設置しています。



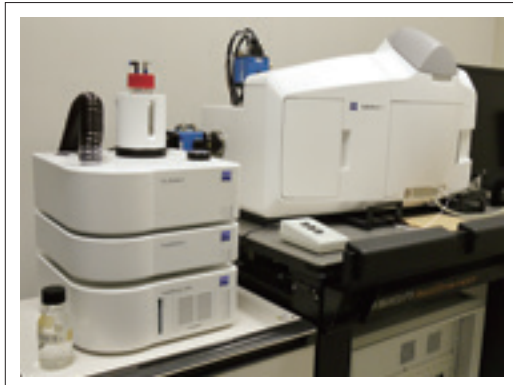
共焦点レーザー顕微鏡



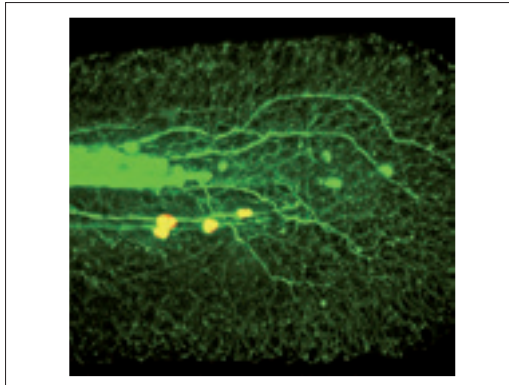
撮影画像例

## ライトシート蛍光顕微鏡

試料に対して、シート光をマルチアングルで照射することで、3次元構造を持つ生体試料であっても、光毒性や退色が少なく、高速でイメージングすることができます。そのため、動物、植物、3次元培養などの試料での蛍光ライブイメージングに最適です。(透明化したサンプルの観察にも利用できます。)



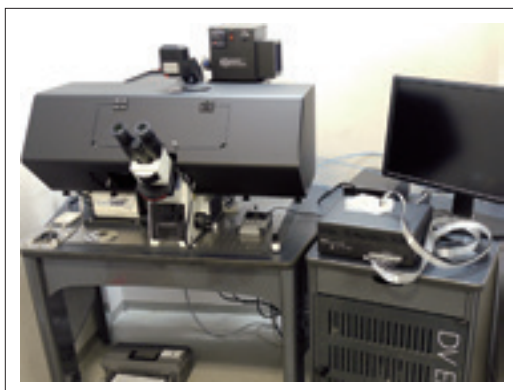
ライトシート蛍光顕微鏡



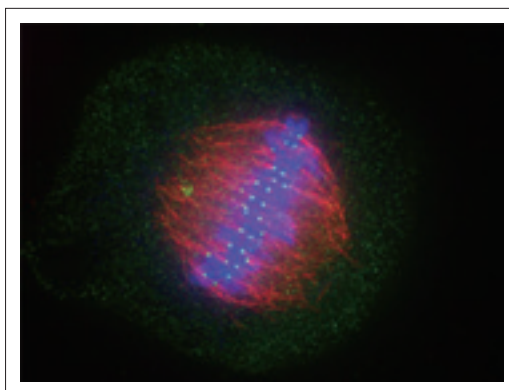
撮影画像例

## 高解像3D蛍光イメージングシステム

可視光による光学限界解像度(約200nm)で観察可能な蛍光顕微鏡システムで、多色蛍光観察、三次元立体観察、タイムラプス観察を行なうことができます。さらに、高性能コンピュータを用いたデコンボリューション処理により、焦点外からの光を除去した鮮明な画像の取得も可能です。



高解像3D蛍光イメージングシステム



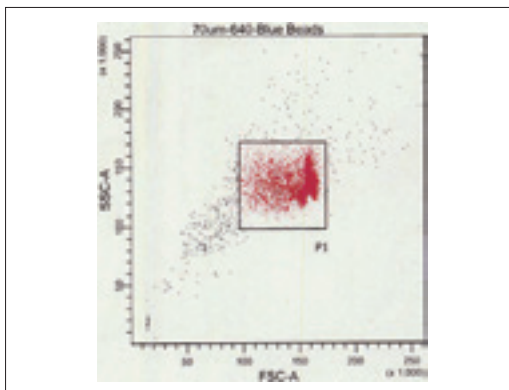
撮影画像例

## フローサイトメーター

細胞や微生物の解析・分離が、効率よく自動のできるフローサイトメーターを設置しています。発現レベルの低いたんぱく質や、希少な細胞を検出測定でき、個々の標的粒子を分取できる高速ソーティング機能や複数の蛍光標識抗体によるマルチカラー解析にも対応しています。FACS Ariaは動物細胞と植物細胞の専用機があり、簡便な解析にはAccuriが使用できます。



フローサイトメーター

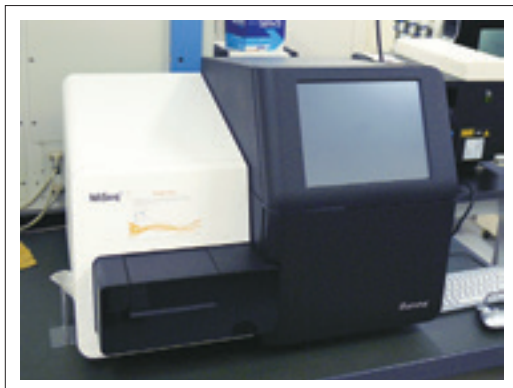


データ例

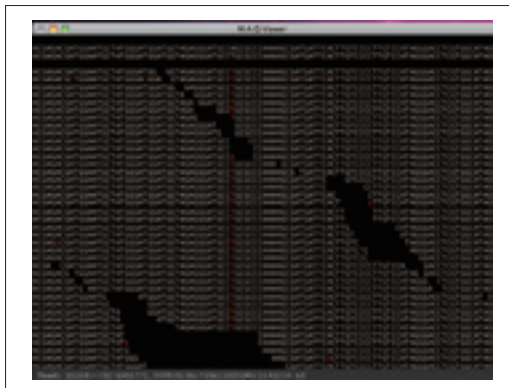


## 次世代シーケンサー

2500万個のDNA断片を75~600塩基程度、同時並行で読み取ることができる装置です。シーケンシングにかかる作業や装置の操作が簡略化されており、簡単に次世代シーケンシングを行うことができます。1回のランは8~48時間、DNAの変異解析や転写産物の発現解析などに利用可能です。Illumina MiSeq を備えており、CLC Genomics Workbenchソフトウェアを利用しての解析も可能です。



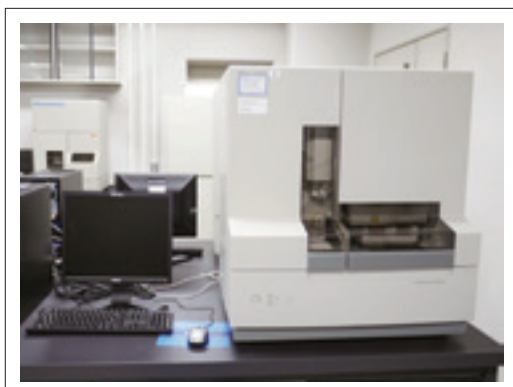
次世代シーケンサー



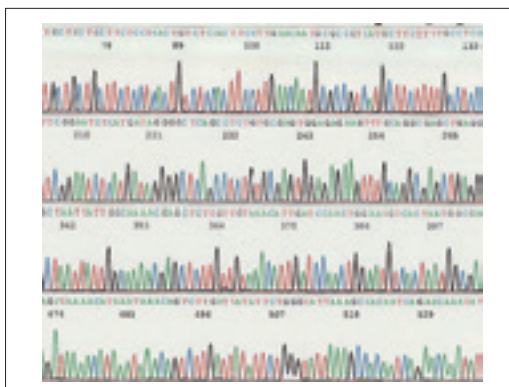
データ例

## DNAシーケンサー

遺伝情報の基盤となるDNA塩基配列を自動的に、正確かつ大量に決定する装置です。1塩基多型解析やAFLPなどの多様なスクリーニングやフラグメント解析に利用できます。1サンプルから16サンプルまで、解析サンプル数の異なるシーケンサーが数台あります。



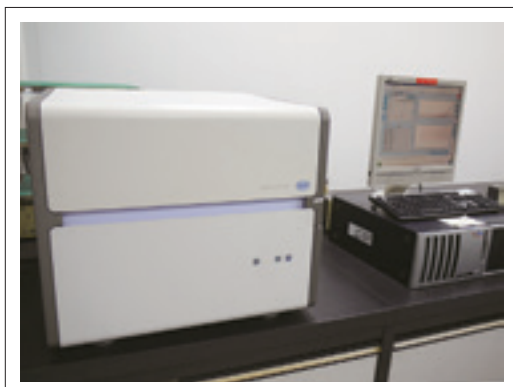
DNAシーケンサー



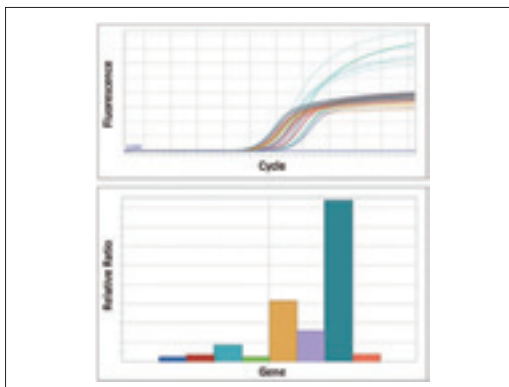
データ例

## リアルタイムPCRシステム

遺伝子発現をリアルタイムでモニタリング解析できる装置です。電気泳動不要で、核酸の定量的・定性的解析やジェノタイピング、SNPs解析などが可能です。ほとんど全ての蛍光色素が利用でき、マルチプレックスアッセイにも適しています。近年では、RNAiやmicroRNAの解析にも多く利用されています。384・96ウェルプレートや8連チューブで解析できます。



リアルタイムPCRシステム



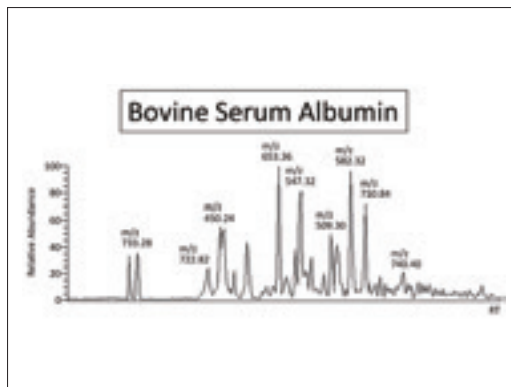
データ例

## 質量分析計

タンパク質の同定および定量分析や翻訳後修飾分析、低分子化合物の精密質量測定を行えます。nanoLCやGCを接続し、ハイスループットに効率的かつ迅速な分析が可能です。Ion Trap-Orbitrap型 (LTQ-Orbitrap XL)、トリプル四重極型 (TSQ Vantage) を設置しています。



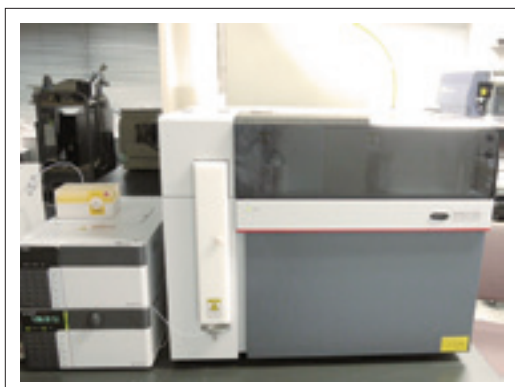
質量分析計



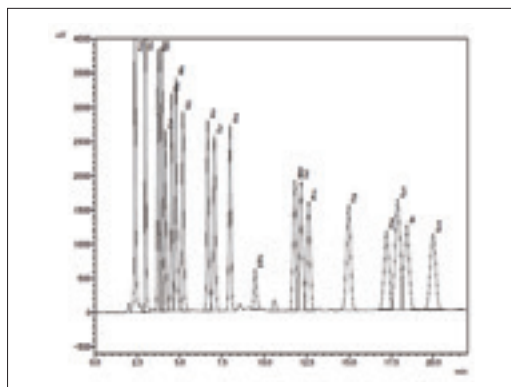
データ例

## プロテインシーケンサー

プロテインシーケンサー (PPSQ-31A) はタンパク質やペプチドのアミノ酸配列を決定する装置です。エドマン分解法により、N末端側から1残基ずつアミノ酸を遊離し、遊離したアミノ酸をHPLC分析することでアミノ酸配列を自動で決定できます。



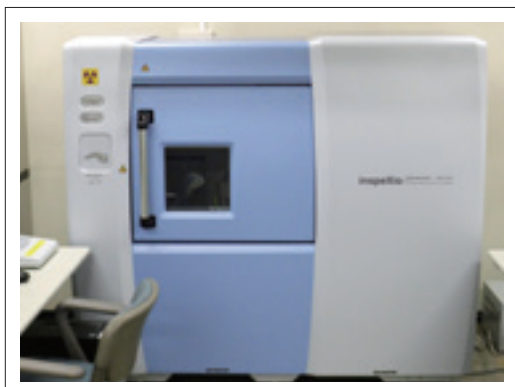
プロテインシーケンサー



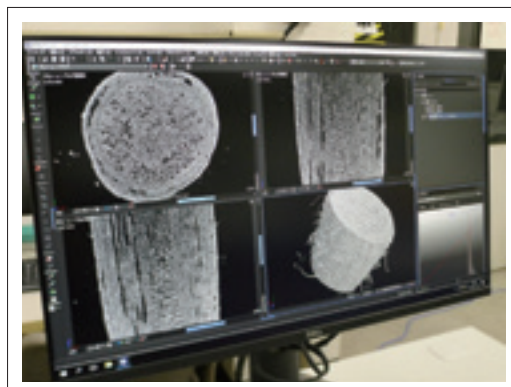
データ例

## マイクロフォーカスX線CTシステム

マイクロフォーカスX線発生装置と高感度検出器を搭載したコンピュータ断層撮影装置です。試料を360°回転させながら高速撮影することで3次元観察を行うとともに、非破壊のまま試料内部の構造を観察することができます。VGSTUDIO MAXソフトウェアを利用して、より高度なCTデータの解析も可能です。



マイクロフォーカスX線CTシステム



データ解析例

## 液体窒素凍結保存システム

液体窒素凍結保存システムは、液相タンクと気相タンクがあり、各種細胞や動物受精卵・精子などを液体窒素中で半永久的に保存できます。



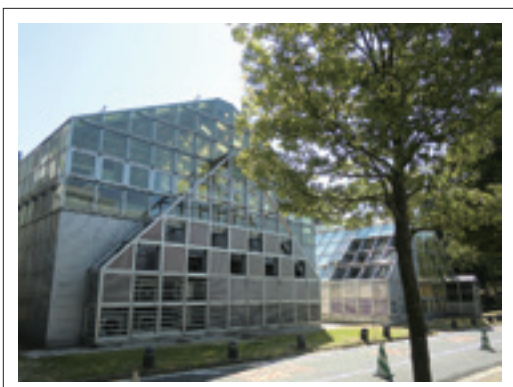
液体窒素凍結保存システム



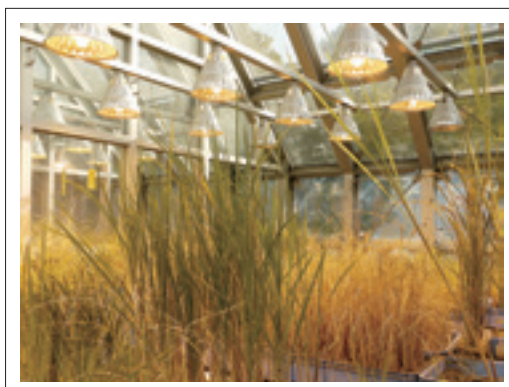
保存容器内

## 植物温室

遺伝子組換え植物と非組換え植物を栽培できる大型の温室が2棟あります。各部屋や人工気象室は、温度や照度、湿度を設定することができます。様々な植物を多様な生育条件で栽培することができます。



植物温室外観



栽培室

## 動物実験施設

本学で行われる研究および教育のための利用を目的とした動物実験施設です。微生物学的に管理された実験動物が飼育されています。また動物実験を行うための環境が整備され、専門の職員による技術提供も行っています。利用者は定められた規則を遵守し、適正な自主管理のもと動物福祉に配慮した動物実験を行っています。



動物実験施設外観



飼育室



## 放射線実験施設

放射性同位元素はその使用が法律で厳しく規制されていますので、放射線実験施設の管理区域内でのみ取り扱うことができます。教育訓練を受け、許可された人のみ入室可能です。放射性同位元素は、ごく微量なサンプルの分析・解析には、非常に感度がよく、トレーサー実験や細胞増殖測定に用いられています。

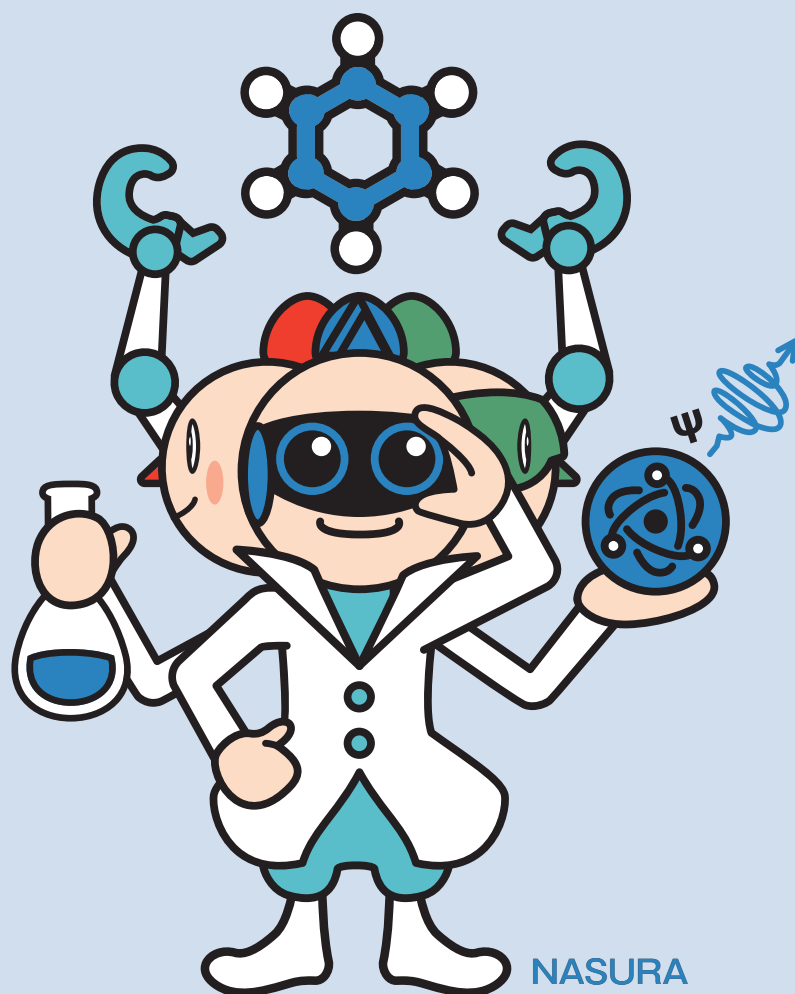


放射線実験施設内



解析装置例

# 物質創成科学領域



NASURA

# 研究室及び教育研究分野

## 物質創成科学領域

	研究室及び教員	教育研究分野	頁
基 幹 研 究 室	<b>量子物性科学 (柳・香月グループ)</b> 教授 柳 久雄 准教授 香月 浩之 助教 山下 淳 助教 水野 斎	分子性結晶、ナノ粒子、超薄膜などのナノメートル構造物質の光学的・量子的性質をレーザー分光や顕微分光、プローブ顕微鏡などの手法を用いて測定・解析することにより、新しい光機能材料の創成に関する研究・教育を行う。 [キーワード] 量子効果、分子性結晶、ナノ粒子、超薄膜、有機レーザー、ハイブリッド太陽電池、発光ダイオード、量子ドット、メタ物質、顕微分光、コヒーレント制御、時間分解分光、フェムト秒レーザー、ラマン分光	P.100
	<b>生体プロセス工学 (細川・Yalikuln Yaxiaerグループ)</b> 教授 細川 陽一郎 准教授 Yalikuln Yaxiaer 助教 安國 良平 特任助教 山田 壮平	レーザー技術、流体技術、顕微鏡技術を駆使した、細胞やタンパク質などの微小な生体材料を高速かつ高精度に操作する方法を開発し、これらの操作により生体材料にもたらされる諸現象を力学と生理学の両側面から明らかにし、工学に応用するための研究・教育を行う。 [キーワード] フェムト秒レーザー、マイクロ流路、光学顕微鏡、原子間力顕微鏡、動物細胞、植物細胞、微生物、蛋白質、水分子、有限要素解析、セルソーター	P.101
	<b>物性情報物理学 (松下・服部グループ)</b> 教授 松下 智裕 准教授 服部 賢 助教 武田 さくら 助教 橋本 由介 助教 重城 貴信	固体表面に原子・分子を吸着して形成する表面ナノ物質や固体の物性(電気伝導・磁性・光・反応)を、その基礎となる原子構造や電子状態から解明する多様な装置を用いた研究・教育を行う。また目的に応じ新しい解析手法・装置の開発も行う。 [キーワード] 固体表面、強相関物質、表面超構造、表面電気伝導、表面磁性、表面発光、表面分子吸着、電子刺激脱離、(断面)走査トンネル顕微鏡、電子回析、電子エネルギーバンド、角度分解光電子分光、フェルミ面、ホールサブバンド、歪半導体、二次元光電子分光、三次元逆格子マッピング、第一原理計算、ラマン分光	P.102
	<b>光機能素子科学 (太田・笹川グループ)</b> 教授 太田 淳 准教授 笹川 清隆 ☆准教授 田代 洋行 助教 春田 牧人 特任助教 竹原 浩成	人工視覚や脳内埋植デバイスなど、バイオ医療応用に向けた先端半導体技術と光技術を融合したフォトニックデバイスの創出を目指して、光ナノサイエンス技術の実験と理論の両面から研究・教育を行う。 [キーワード] イメージセンサ、フォトニックデバイス、人工視覚デバイス、体内埋植デバイス、脳内埋植デバイス、バイオメディカルフォトニックLSI、蛍光検出、CMOS集積回路、生体適合性材料、MEMS、 $\mu$ TAS、オプトジェネティクス、デジタルELISA	P.103
	<b>情報機能素子科学 (浦岡・上沼グループ)</b> 教授 浦岡 行治 准教授 上沼 睦典 ☆准教授 石河 泰明 ☆准教授 藤井 茉美 助教 Bermundo Juan Paolo Soria	ディスプレイ、メモリ、LSIなど、次世代の情報機能をもつ半導体素子、電子デバイスの研究を行う。また、高効率な太陽電池や熱電変換素子など、エナジーハーベスティングのキーデバイスを薄膜技術を駆使して実現する。 [キーワード] 薄膜トランジスタ、ディスプレイ、フレキシブルデバイス、酸化材料、システムオンパネル、メモリ、LSI、バイオ系材料、微細加工プロセス、発光素子、EL素子、ナノ粒子、High-K、誘電体、高周波通信デバイス、パワーデバイス、プリント、太陽電池、熱電素子、電子ビーム描画、フォトリソグラフィ	P.104
	<b>量子理工学 (柳田・河口グループ)</b> 教授 柳田 健之 准教授 河口 範明 助教 加藤 匠 特任助教 中内 大介	放射線計測を主な目的としたバルク無機単結晶、セラミックス、ガラス蛍光体を開発し、光物性、シンチレーション特性、輝尽・熱・残光特性に関する電子物性を中心とした研究・教育を行う。特性の良い材料を発見した場合は、搭載センサーや装置開発を行うと共に、新規物性計測用装置の開発も行う。 [キーワード] 放射線誘起蛍光体、シンチレータ、輝尽蛍光、熱蛍光、残光、応力発光、光物性、量子エネルギー変換、衝突電離、放射線計測、放射線検出器、量子ビーム、X線、ガンマ線、中性子、真空紫外光、近赤外光、光電変換素子、画像医療診断装置、セキュリティ装置、個人被ばく線量計、高エネルギー物理用検出器、シンクロトロン放射光	P.105
	<b>有機エレクトロニクス (中村・辨天グループ)</b> 教授 中村 雅一 准教授 辨天 宏明 ☆准教授 小島 広孝 助教 Pandey Manish 助教 趙 ヨンウン	有機材料特有の「やわらかい」電子物性の制御とデバイス応用、および、独自計測技術の開発とそれによる未解明現象の理解を柱とし、未来のフレキシブルエレクトロニクスや環境発電のための新しいデバイスを創出するための研究・教育を行う。 [キーワード] 有機半導体(低分子/高分子)、カーボンナノチューブ/有機分子複合体、有機薄膜成長、走査型プローブ顕微鏡、放射光GIXD、電気的分光法、THz時間領域分光法、量子化学計算、分子動力学シミュレーション、有機薄膜トランジスタ、有機太陽電池、フレキシブル熱電変換素子、ナノスケール熱輸送制御、ポリマー配向制御	P.106
	<b>(連携) メゾスコピック物質科学</b> ☆教授 内藤 康幸 ☆教授 田中 浩之 ☆准教授 玉置 洋正	メゾスコピック領域における新しい物理現象、特に薄膜の形態にすることで発現する新奇物性の開拓およびそのデバイス化を目指して、次世代のエネルギー変換材料/デバイスに関する研究開発・教育を行う。 [キーワード] ナノテクノロジー、薄膜化技術、強相関電子系材料、熱電変換材料、強誘電体材料、磁性材料、マルチフェロイック、固体イオニクス材料、薄膜電池材料 (連携機関名: パナソニック(株) テクノロジー本部)	P.107



基 幹 研 究 室	<b>(連携) 感覚機能素子科学</b> ☆教 授 北 村 圭 司 ☆教 授 叶 井 正 樹 ☆准 教 授 古 宮 哲 夫	マイクロ流体技術や放射線検出器などのセンサ・デバイス関連やナノ機能材料の基盤技術研究と、それらの技術を統合・集積化した超小型化学分析システム(μTAS)、医用画像診断装置、非破壊検査装置などの高機能システム開発に関する研究・教育を行う。 [キーワード] マイクロ流体技術、μTAS (Micro Total Analysis Systems)、放射線検出器、医用画像診断装置、非破壊検査装置、生体親和性機能材料 (連携機関名：(株) 島津製作所基盤技術研究所)	P.108
	<b>光反応分子科学 (河合・森本・中嶋グループ)</b> 教 授 河 合 壯 准 教 授 森 本 積 准 教 授 中 嶋 琢 也 助 教 山 田 美 穂 子	光に応答し光を制御する分子・高分子材料および有機分子と強く相互作用する半導体ナノ材料の合成・開発と解析評価方法について研究を進め、未来の情報、エネルギー技術を担う分子システムの構築を目指します。 [キーワード] 光化学、機能分子材料合成、フォトリソリズム、分子キラリティー、導電性高分子、発光性金属錯体、ナノ結晶、エレクトロクロミズム、センサー分子、熱電変換材料、ナノワイヤー、イオン性液体、ナノチューブ、電気化学	P.109
	<b>機能有機化学 (山田・荒谷グループ)</b> 教 授 山 田 容 子 准 教 授 荒 谷 直 樹 助 教 林 宏 暢 助 教 松 尾 恭 平	有機薄膜太陽電池、有機薄膜トランジスタなどに利用可能な有機半導体材料・分子性グラフェン・グラフェンナノリボンや近赤外領域に吸収をもつ色素、発光材料、光応答性分子の開発を目的に、新規π共役拡張芳香族化合物を設計・合成し、物性評価と機能開発を通じて、研究・教育を行う。 [キーワード] 機能性有機材料、有機半導体材料、機能性色素、有機薄膜太陽電池、有機電界効果トランジスタ、アセン、ポルフィリン、フラレン、グラフェン、グラフェンナノリボン、カーボンナノチューブ、近赤外発光、構造有機化学、有機光化学、X線結晶構造解析	P.110
	<b>バイオ・テクノミメティック分子科学 (ラッペン・安原グループ)</b> 教 授 ラッペン ゲナエル 准 教 授 安 原 主 馬 助 教 西 野 智 雄 特 任 助 教 尾 本 賢 一 郎	バイオミメティックスおよびテクノミメティックスに基づく分子マシンの設計・合成とナノ機械工学および生物応用に関する研究・教育を行う。 [キーワード] 有機合成化学、超分子化学、高分子化学、錯体化学、界面化学、生体関連化学、分子マシン、分子モーター、分子ギア、ナノカー、単一分子解析、人工細胞膜、生体高分子、生理活性分子、両親媒性分子	P.111
	<b>(連携) 機能高分子科学</b> ☆教 授 本 田 崇 宏 ☆教 授 岡 部 高 明 ☆准 教 授 工 藤 一 弘	眼の疾患をターゲットとし、医薬有効成分が疾患部位で最大限に効果を発揮できるような薬物送達システムを考案し、有機合成などの手法を用いながら、その実用化を目指した創製研究を行う。 [キーワード] 創薬科学、製剤学、有機合成化学、医薬品化学、薬物動態学、物理化学、分子生物学、薬理学 (連携機関名：参天製薬(株))	P.112
	<b>(連携) 環境適応物質学</b> ☆教 授 余 語 克 則 ☆教 授 後 藤 和 也	CO <sub>2</sub> 分離回収・固定化技術の実用化および脱炭素社会の構築を主たるテーマとし、地球温暖化問題の解決に向けた基盤技術(材料開発、ナノ構造制御技術)および実用化技術(プロセス開発、システム設計)に関する研究・教育を行う。 [キーワード] 地球温暖化、CO <sub>2</sub> 分離回収・固定、新エネルギー(水素)、省エネルギー、膜分離、吸着法、吸収法、ナノ構造制御、多孔質材料 (連携機関名：(公財) 地球環境産業技術研究機構)	P.113
	<b>(連携) 先進機能材料</b> ☆教 授 高 橋 雅 也 ☆准 教 授 門 多 丈 治 ☆准 教 授 山 本 真 理	材料創成技術や形態制御技術を基盤として、産業界の抱える課題に向き合い、次世代のエネルギーデバイス実現の鍵となる革新的二次電池材料、および地球環境に配慮した高分子材料に関する研究開発、およびその実用化技術開発を行う。 [キーワード] 蓄エネルギー材料、全無機・全固体・リチウムイオン二次電池、薄膜、微粒子、ナノ材料、無機高分子、バイオマス、ポリ乳酸、セルロースナノファイバー、精密重合、多分岐ポリマー (連携機関名：(地独) 大阪産業技術研究所)	P.114
	<b>機能超分子化学 (廣田・松尾グループ)</b> 教 授 廣 田 俊 准 教 授 松 尾 貴 史 助 教 山 中 優 助 教 小 林 直 也 特 任 助 教 真 島 剛 史	生体超分子の構造・機能メカニズムを解明するとともに、生物が発揮している素晴らしい機能を化学的に発現し、それを利用する新技術の開発を行う。 [キーワード] 超分子科学、生体分子科学、ナノバイオテクノロジー、生物無機化学、タンパク質科学、生物物理化学、光化学、生体機能関連化学、有機合成化学、錯体化学、触媒反応、光スイッチング技術、機能制御、酵素反応、金属タンパク質、DNA、分光法、機能性材料、メディスナルケミストリー、タンパク質構造異常病、薬学、ヘモグロビン、抗体、タンパク質医薬品、人工酵素、アポトーシス制御	P.115
	<b>分子複合系科学 (上久保・藤間グループ)</b> 教 授 上 久 保 裕 生 准 教 授 藤 間 祥 子 助 教 山 崎 洋 一	蛋白質分子集団が示す自律的集合離散現象に注目し、蛋白質科学及び生物物理学を基礎として、創薬のターゲットとなり得る蛋白質分子複合系の理解や次世代蛋白質分子複合材料の開発に関する研究・教育を行う。 [キーワード] 分子複合系、蛋白質科学、生物物理学、構造生物学、蛋白質設計工学、X線溶液散乱、X線結晶構造解析、中性子結晶構造解析、低温分光法、振動分光法、蛍光寿命測定、組換えDNA技術、人工蛋白質、構造蛋白質、蛋白質輸送システム、神経軸索伸長システム、情報変換システム、分子間相互作用、分子内相互作用、動的秩序解析	P.116

基 幹	ナノ高分子材料 (網代・安藤グループ)	分子技術の概念に基づき、分子設計、高分子合成、高分子間相互作用、およびナノ構造制御の各ステージにおける課題に取り組み、医療材料やエネルギー関連材料に着目して、機能性高分子材料の創出に関する研究・教育を行う。 [キーワード] 環境適合材料、生体適合材料、生分解性高分子、バイオマテリアル、ゲル、高分子構造制御、高分子間相互作用、高分子材料、ナノ構造、分子設計、分子技術、刺激応答性	P.117
	教授 網代 広治 准教授 安藤 剛 助教 Chanthaset Nalinthip 助教 吉田 裕安 材		
研	マテリアルズ・インフォマティクス (藤井グループ)	機械学習・深層学習やハイスループット第一原理計算といったデジタル技術の力で、物質の新しい学理を見出し、新材料創成を実現する未踏領域を開拓すべく、研究・教育を行う。 [キーワード] マテリアルズ・インフォマティクス、データ駆動科学、機械学習・深層学習、第一原理計算、ハイスループット計算	P.118
	教授 藤井 幹也		
究 室	(協力) データ駆動型化学 (浦岡・船津・宮尾グループ)	化学および化学工学に関わる予測と設計に関する諸問題を、ケモインフォマティクス(化学情報学)を武器に、シミュレーションを通して解決する研究を行います。 [キーワード] ケモインフォマティクス、マテリアルズ・インフォマティクス、データ・サイエンス、機械学習、データモデリング	P.119
	★教授 浦岡 行治 特任教授 船津 公人 准教授 宮尾 知幸 特任助教 Swarit Jasial		

注) ☆印：客員 ★印：兼任

# 物質創成科学領域の概要



NASURA



## 量子物性科学研究室

https://mswebs.naist.jp/LABs/optics/index-j.html



(写真左から)

教授：柳 久雄 yanagi@ms.naist.jp

准教授：香月 浩之 katsuki@ms.naist.jp

助教：山下 淳 ishizumi@ms.naist.jp

助教：水野 斎 hitoshi352-17@ms.naist.jp

「量子」とは不思議な世界です。量子が生み出す現象を光で見えて操り、新しい物質の創成に挑戦しましょう！

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

「量子」とは何か?をしっかりと理解した上で、有機分子や半導体、金属の光電子物性に関する基礎知識、ならびに各種分光法や顕微鏡、レーザーを取り扱うための原理の理解を必要とする。

## 研究室の指導方針

「量子物性科学」と言っても、理論を勉強する研究室ではありません。量子の基本を理解した上で、手を動かし実験するのが研究の中心です。物理、化学、電子工学などこれまでの専門にかかわらず、すべての物質や自然現象にかかわる量子の世界を観測し、サイエンスの楽しさを共感しながら新しい物性や材料の創出を目指します。

## この研究で身につく能力

量子力学や量子化学の普遍的な理解、各種分光法や顕微鏡、レーザーを取り扱うための基礎技術を身につけます。将来の光情報通信や量子コンピューティングに必要な分子エレクトロニクス、量子コヒーレンス、量子ドットなどに関わる材料作製、物性計測に関する知識や実験遂行力を養います。

## 修了生の活躍の場

パナソニック、トヨタ自動車、三菱電機、デンソー、日本電産、ダイキン、住友電工、村田製作所、マツダ、リコー等の企業、島根大学

## 研究内容

電子をナノメートル(10億分の1メートル:  $10^{-9}$  m)サイズの空間に閉じ込めると、その波としての性質が著しく現れます。例えば、有機分子は原子が結合したナノメートル空間に電子を閉じ込めたままだに量子箱です。また、半導体ナノ粒子は、量子効果によりバルク固体とは異なった色を示します。これらの量子物質の性質は、分子構造や形状、サイズによって変化します。さらに、量子物質を規則正しく配列し、それらの間にコヒーレンスが生まれると、様々な新しい光学的・電磁気学的現象が得られます。

本研究室では、量子効果の現れる分子、結晶、ナノ粒子、超薄膜を研究対象とし、超高速レーザー分光や種々の顕微鏡法によって、その性質を量子力学的立場から明らかにするとともに、将来の量子情報技術へ利用される新物質や光デバイスへの応用を目指して、以下の研究を行っています。

## (1) 有機エレクトロニクス&amp;フォトニクス

有機分子の配列や集合体構造を制御することにより、高効率の有機レーザーや発光トランジスタ、有機太陽電池を創製する。

## (2) 凝縮系強結合量子状態のコヒーレント制御

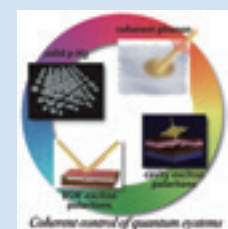
光の波長程度の微小領域に閉じ込めた分子の電子・振動励起状態と光の混成状態(強結合状態)を対象に、その超高速ダイナミクスの観測と整形光パルスによる量子状態制御を目指します。

## (3) ナノ構造物質の光物性

環境に対応したナノ粒子、不純物をドーブしたナノ粒子などナノ構造物質の光機能性を吸収、発光、顕微分光(単一粒子分光)、時間分解分光、ラマン分光測定により明らかにする。



A molecular crystal-based organic laser



Targets of coherent control



Luminescence from impurity-doped semiconductor nanoparticles

## 最近の発表論文

- H. Yanagi, F. Sasaki, and K. Yamashita, "Cooperative behaviors in amplified emission from single microcrystal cavity of thiophene/phenylene co-oligomers towards organic polariton laser," Adv. Opt. Mater. 7, 1900136 (2019).
- K. Yano, H. Katsuki, and H. Yanagi, "Mode Selective Excitation of THz vibrations in Single Crystalline Rubrene," J. Chem. Phys. 150, 054503 (2019).
- A. Ishizumi, S. Fujita, and H. Yanagi, "Influence of atmosphere on photoluminescence properties of Eu-doped ZnO nanocrystals," Opt.

Mater. 33, 1116 (2011).

- H. Mizuno, T. Jinjyo, C. M. Laurio, H. Katsuki, I. Hiromitsu, F. Sasaki, and H. Yanagi, "Fabrication and characterization of vertical microcavities containing a submicron particle film of 5,5'-di(4-biphenyl)-2,2'-bithiophene", Jpn. J. Appl. Phys. 59, SDDA14 (2020).

## 共同研究先

京都工芸繊維大学、静岡大学、産業技術総合研究所、分子科学研究所、関西光科学研究所、ゲーセン大学、カリアリ大学、ニール研究所、他

# 生体プロセス工学研究室

https://mswebs.naist.jp/LABs/env\_photo\_greenbio/index.html



(写真左から)

教授：細川 陽一郎 hosokawa@ms.naist.jp

准教授：Yalikun Yaxiaer yaxiaer@ms.naist.jp

助教：安國 良平 r-yasukuni@ms.naist.jp

特任助教：山田 壮平 so-yamada@bs.naist.jp

## 究極の細胞操作に、先端のレーザー技術とマイクロチップ技術で挑む

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

本研究室では物理学、生物学といった分野や従来の概念にとらわれない広い視野で、まったく新しい研究課題へ取り組もうとするチャレンジ精神を重視します。

### 研究室の指導方針

学生本人の研究背景とモチベーションを考慮しながら、超短パルスレーザー技術とマイクロチップ技術を中心とした細胞の操作・解析に関するテーマを設定し、より深い専門性を身につけます。また異分野の共同研究者とも積極的にに関わり、分野を横断する研究を推進可能なマネジメント能力とコミュニケーション能力を育成します。国内外の学会会議にも積極的に参加し、自らの研究課題を順序立てて説明できるプレゼンテーション能力を養います。

### この研究で身につく能力

基本的な顕微鏡、光学システムや、細胞培養など生体試料の扱いを習得します。その上で超短パルスレーザーが引き起こす諸現象とマイクロ流体技術や光センシング技術を組み合わせた、細胞や生体組織の新しい操作・計測技術の開発や、レーザーが生体試料にもたらす物理的・分子生物学的作用に関する理解を深め、物理・化学から生物・医学に渡る広い知見から、独自の観点で研究を進められる力を身につけます。

### 修了生の活躍の場

電気・精密機械メーカーを中心とした企業研究開発職一般

### 研究内容

当研究室では、レーザーによる微小物体操作技術とマイクロ流体デバイスによる流体制御技術を使って、これまでに細胞同士の接着力の測定や、狙った細胞への遺伝子導入など、従来法を凌駕する細胞の操作・制御・計測手法の開発と研究に取り組んでいます。1000兆分の1秒という極めて短い時間に光を局在させた超短パルスレーザー（フェムト秒レーザー）を顕微鏡下で集光すると、光のエネルギーが時間的・空間的に極限にまで集中されます。この高い光エネルギーを水中に作用させると、レーザーの集光点でマイクロスケールの爆発現象が引き起こされ、微小空間に衝撃力が伝播します。当研究室は、このフェムト秒レーザー誘起衝撃力をマイクロな世界で生体試料を操るための“手”とする研究で世界的なイニシアチブをとっており、これにマイクロ流体チップ、光センシング、原子間力顕微鏡などを融合し、世界でも例を見ない斬新な微小物体の操作・計測技術の開発と研究を進めています。

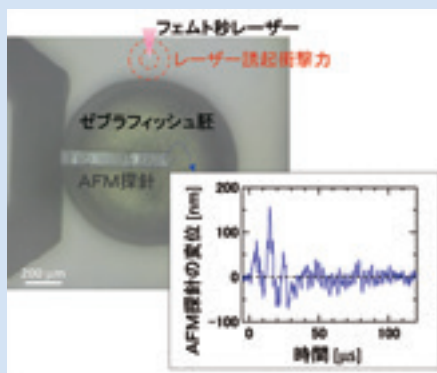


図1 レーザー誘起衝撃力によるゼブラフィッシュ胚の過渡振動の誘導と原子間力顕微鏡 (AFM) による振動の検出。AFMにより検出されたナノレベルの振動を解析することにより、発生段階にある微小な生体試料の形態変化と力の変遷を明らかにしようとしています。

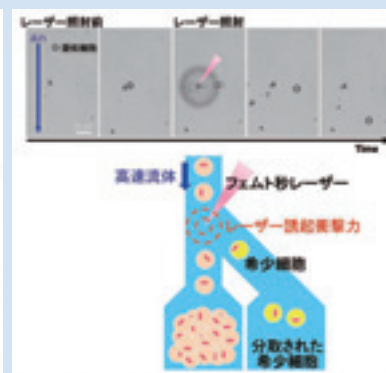


図2 レーザー誘起衝撃力を利用した高速細胞分取。マイクロチップ中を高速に流れる細胞を高速イメージングにより選別し、希少で付加価値の高い細胞を分取しようとしています。レーザー誘起衝撃力を用いた方法により、世界最速の分取装置の開発に挑んでいます。

#### 1) 超短パルスレーザーと原子間力顕微鏡を組み合わせた生体の力学特性の測定

超短パルスレーザーが誘起する衝撃力を細胞や微小生体試料に作用させ、試料を伝搬する弾性波を原子間力顕微鏡のカンチレバーの振動として検出することで、微細生体試料の力学的性質を明らかにしようとしています (図1)。さらに、分光・イメージング技術を使って、衝撃力が細胞に及ぼす新奇現象を探索しています。これらの細胞操作・計測技術は世界的に斬新なアイデアであり、多くの医学・生物学分野の研究者と連携して研究を進めています。

#### 2) レーザー操作技術とマイクロ流体チップを駆使した細胞分取装置の開発

近年、超短パルスレーザーの操作性が飛躍的に向上し、医療・生物学分野の研究者にも容易に利用できる装置になり、その用途が拡大しています。当研究室では、超短パルスレーザーが誘起する衝撃力を利用してマイクロ流体チップを流れる細胞を超高速で分取可能な革新的な医療・バイオ機器の開発研究にも取り組んでいます (図2)。

### 研究設備

顕微フェムト秒レーザー照射システム (高出力フェムト秒レーザー、顕微鏡、高速カメラ)、共焦点顕微分光システム、原子間力顕微鏡、細胞培養施設

### 共同研究

本学バイオサイエンス・情報科学領域、理化学研究所、東京大学、京都大学、近畿大学、神戸大学、陽明大学 (台湾)、国立交通大学 (台湾)、UCLA、パリサクレ大学 (フランス)、マッコーリー大学 (オーストラリア) など



# 物性情報物理学研究室

<https://mswebs.naist.jp/LABs/surface-material-physics/index.html>



(写真左から)

教授：松下 智裕 t-matusita@ms.naist.jp

准教授：服部 賢 khattori@ms.naist.jp

助教：武田 さくら sakura@ms.naist.jp

助教：橋本 由介 yusuke@ms.naist.jp

助教：重城 貴信 jujo@ms.naist.jp

**原子配列と電子構造を見る最先端技術として、光電子ホログラフィー、電子回折トモグラフィー、光電子分光、走査トンネル顕微鏡などを開発し、得られたデータに対して情報理論を駆使して、先端機能性材料の機能解明を目指した研究を行っています。**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

半導体・金属などの固体物性に関する基礎知識(結晶構造・エネルギーバンドなど)が望ましいですが、必須ではありません。新しい測定技術による表面科学・電子分光に挑戦する意欲と知的好奇心をもった学生を歓迎します。

## 研究室の指導方針

配属学生には、超高真空操作、表面試料作製、表面観察手法を指導します。装置の操作だけでなく、装置の設計や組立など装置作りの本質を伝授します。物性物理の教育、更には新型装置の開発や大型先端研究施設での実験などを通じて、先端機能性材料の原子配列やその物性の発現する電子構造の解明を、情報理論を用いたデータ処理を行ってチャレンジしてもらいます。研究テーマはできる限り希望を考慮し状況に応じ柔軟に対応します。

## この研究で身につく能力

新しい物理現象を見るための研究手法や装置開発を通じて、将来、どのような道に進んでも、さまざまな装置を開発できる能力が身につきます。実験技術として、装置設計、超高真空、ガス分析、表面作製、蒸着、ガス暴露、加熱、低温、電子回折、X線回折、光電子分光、走査トンネル顕微鏡、電気伝導、磁化測定、発光分光、ラマン分光などを習得できます。データ解析を通じて、固体物理学、UNIX、第一原理計算、Python、C++、LabVIEWなどの能力が身につきます。また、就活に有利な表面科学技術者資格も得られます。

## 修了生の活躍の場

修士卒：主に電気機器製造業の研究技術者・最近6ヶ年では、キーエンス、東京エレクトロン、トヨタ、ルネサス、HOYA、NTT、SOLIZE、オムロン、コベルコ、シンプレックス、フジクラ、リクルート、リコー、ルネサス、ローム、花王、京セラ(2)、高純度化学、四国電力、住友電工(2)、住友電装(3)、村田製作所、太平電装、中部電力、日本モレックス、日立(3)、浜松ホトニクス、富士通、堀場製作所(2)。他に 他大学への進学:大阪大学、ユリッヒ研究センター。

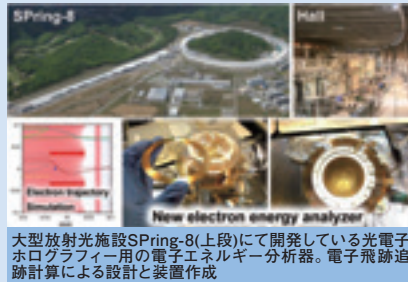
博士卒：主にアカデミックの研究者(ポストドク、助教など)。最近6ヶ年では、Lund大学(MAX IV)、アーヘン工科大学、International Islamic University Malaysia、NIMS、岡山大、名工大、大阪大、奈良先端大、米子高専、日経BP、Bollhoff、ユニソク、マイクロメモリジャパン、東京エレクトロン。

## 研究内容

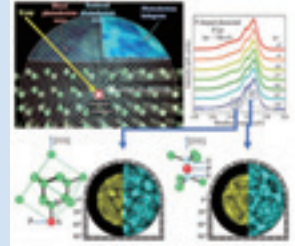
【目的】機能性材料を作製する際には、母材に微量な元素を添加(ドーピング)したり、表面に原子を吸着・堆積する手法がよく用いられます。これらの添加した原子が形成する原子配列構造は物性に大きく関わっていますので、原子構造の可視化が材料開発の鍵となります。しかし、従来の測定法だけでは見ることはできません。当研究室では材料科学に技術革新をもたらすべく、この微量な添加原子の構造を可視化する実験装置を開発し応用する研究を行っています。

### 【研究テーマ】

1. 半導体デバイス(シリコン、ダイヤモンド、SiC、グラフェンなど)や酸化物超伝導体などのドーパント
2. 金属シリサイド
3. 歪み半導体ナノ薄膜系
4. 触媒デバイスを狙った吸着分子反応制御
5. 境界を作らないナノ薄膜の新成長法
6. 低次元結晶の電子状態
7. 電子格子相互作用
8. 表面構造の非線形振動現象
9. 立体構造表面



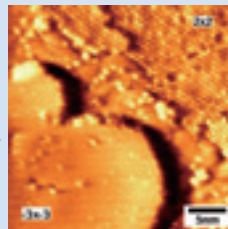
大型放射光施設SPring-8(上段)にて開発している光電子ホログラフィー用の電子エネルギー分析器。電子飛跡追跡計算による設計と装置作成



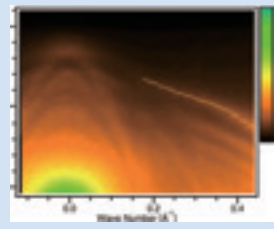
光電子ホログラフィーで観測したダイヤモンド中のリン原子の構造。2つの化学状態があり、置換構造と2つの空孔の中心にリン原子が位置する構造を実測[1]。

上記の物質を対象として、下記の研究手法で物性発現機構の機能解明に迫ります。

1. 大型放射光施設SPring-8を利用した光電子ホログラフィーによる物質中のドーパントの原子構造解析
2. 機械学習と散乱の量子論を組み合わせた、ホログラムからの立体原子像再生理論研究
3. 反射型高速電子線回折による逆格子空間マッピングによる表面原子構造解析
4. 表面・ナノ薄膜の作製と走査トンネル顕微鏡、低速電子線回折、質量分析による解析
5. 角度分解光電子分光と密度汎関数法理論計算による電子構造解析
6. ラマン分光とカソードルミネッセンスによる格子歪と発光機構解析



超高真空中で作製したFeシリサイド表面の走査トンネル顕微鏡(STM)像。一つ一つの輝点が原子。



角度分解光電子分光で得られた、シリコン反転層中の量子化電子状態のサブバンド分散[7]。

## 研究設備

超高真空試料作製測定装置(3台)、走査トンネル顕微鏡(STM)、角度分解光電子分光(ARPES)、オージェ電子分光(AES)、反射高速電子線回折(RHEED)、低速電子線回折(LEED)、脱離質量分析(TPD)など。光電子ホログラフィーなどの原子分解能ホログラフィー測定装置は大型放射光施設SPring-8にて設置。

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

[1] T. Yokoya, T. Matsushita, et al., Nano Lett. 19, 5915(2019).

[2] K. Tsutsui, T. Matsushita, et al., Nano Lett. 17, 7533(2017).

[3] K. Hayashi, T. Matsushita, et al., Science Advances 3, e1700294 (2017).

[4] S. Takemoto, K. Hattori, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 57, 090303 (2018).

[5] N. Hirota, K. Hattori, et al., Appl. Phys. Express 9, 047002 (2016).

[6] O. Romanyuk, K. Hattori, et al., Phys. Rev. B 90, 155305 (2014).

[7] S. N. Takeda et al., Phys. Rev. B 93, 125418 (2016).

[8] 科研費 学術変革領域A「超秩序構造が創造する物性科学」(R2-R6年度)

[9] 科研費 挑戦的研究(萌芽)(R1-R3年度)、基盤研究(B)(R2-R4年度)



# 光機能素子科学研究室

<https://mswebs.naist.jp/LABs/pdslab/index-j.html>



(写真左から)

教授：太田 淳 ohta@ms.naist.jp

准教授：笹川 清隆 sasagawa@ms.naist.jp

客員准教授：田代 洋行 tashiro@ms.naist.jp

助教：春田 牧人 m-haruta@ms.naist.jp

特任助教：竹原 浩成 t-hironari@ms.naist.jp

**本研究室では、新しい構造や機能を備えた光機能素子（デバイス）を創り出し、バイオメディカル分野を中心とした新しい応用展開を探索しています。光エレクトロニクスをベースにしなが、多様な分野にまたがる研究を、異分野の研究グループとの活発な共同研究によって進めています。我々のチームで新しい研究分野に挑戦したい、アクティブな諸君の参加を心待ちにしています。**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

エレクトロニクスが研究の軸になりますが、どのような理系分野からでも習得してもらえる研究室のトレーニングプログラムを準備しています。何より、そして唯一必要なのは工学研究への興味と学ぶ意思です。

## 研究室の指導方針

配属学生諸君全員にCMOS光集積回路設計にチャレンジしてもらい、CMOSエレクトロニクスの基礎を身につけてもらいます。そのうえでテーマごとに異なる取り組みを行ってもらいます。テーマは各人の興味と特性、希望を考慮して決定します。テーマごとに担当教員が継続的にサポートしながら、すべてのテーマについて教員チーム全員が参加して指導しています。学生諸君の自主性を尊重し、独創的なアイデアが出てきたら、積極的に取り入れて進めます。

## この研究で身につく能力

テーマによらず、全員に光エレクトロニクス、特にCMOS光センサデバイスの設計・評価の能力を身につけてもらいます。そのほかはテーマごとに、半導体プロセス技術、バイオ向け光デバイスの実装技術、イメージセンサシステムの構築や評価、バイオ研究者との共同実験による実証実験を習得してもらいます。さらにどの研究テーマでも、指導教員や研究室内外の共同研究者とのコミュニケーション能力を高めてもらい、チーム研究の経験を積んでもらう体制になっています。

## 修了生の活躍の場

修了生の大半は、主要電機メーカーを中心とした企業に就職し、技術職に就いています。一部はコンサルタントやマネジメントを業務とする企業に就職しています。研究分野、および研究室で身につく能力が産業界のニーズとマッチするため、博士後期課程修了生についても大手エレクトロニクスメーカーの研究部門への就職が最も多くなっています。

## 研究内容

本研究室では、高度情報化社会・超高齢化社会で中心的役割を担う画像情報を高速かつ柔軟に処理するための新しい光機能性の物質科学と素子機能創成の研究開発を目指しています。研究項目の具体例は以下の通りです。

- ① バイオメディカルフォトニック材料・デバイスの研究開発  
・ Si-LSI技術を基にしたフォトニックバイオLSI。具体的には視覚再生を目指した人工視覚デバイス（図2）や記憶メカニズム解明や機能的脳疾患治療に向けた脳内埋込型デバイスの研究開発（図3）。
- ② マイクロケミカルフォトニックデバイスの研究開発  
・ フォトニックLSI技術とマイクログケミストリを融合したデバイス。具体的には偏光計測機能を内蔵したフラッシュケミストリ応用に向けたSi-LSI上マイクロ流路デバイス。
- ③ 高機能イメージセンサ及びその応用システムの研究開発  
・ システム・オン・チップ技術に基づく高機能なCMOSイメージセンサ及びその応用システム。具体的には、オプトジェネティクス応用に向けた新しいバイオメディカルフォトニックデバイス（図4）やナノフォトニクスに基づく新しい光機能素子、デジタルELISA用センサなど。

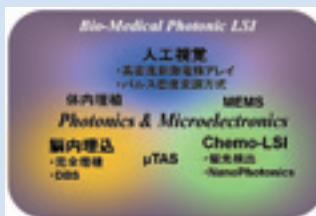


図1：研究室研究内容



図2：人工視覚システム

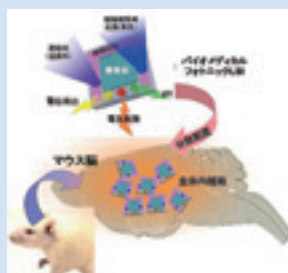


図3：脳内埋込デバイス

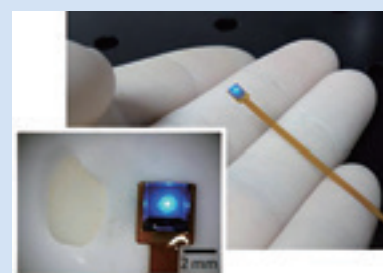


図4：オプトジェネティクス向け光刺激デバイス

## 研究設備

- ① フォトニックデバイス作製・評価設備：DRIE、RIE、抵抗加熱蒸着装置、スパッタ装置、バリレンコーター、アッシャー、ワイヤーボンダー（ウェッジ、ボール）、フリップチップボンダー、レーザー加工機、レーザーリペア、マスクアライナー（密着、両面、縮小投影）、UV照射装置、SEM。
- ② フォトニックLSI設計・評価設備：EWS、LSI設計CAD、デバイスシミュレータ（SPECTRA）、光学シミュレータ（ZEMAXなど）、半導体パラメータアナライザ、データジェネレータ、ロジックアナライザ、ネットワークアナライザ、マニュアルプローバ、蛍光顕微鏡、電気生理実験設備、細胞培養設備等。

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- ・ 共同研究：ヒューストン大学、台湾国立交通大学、モンリオール理工科大学、京都大学（医学）、大阪大学（医学、薬学）、熊本大学（薬学）、名古屋市立大学（薬学）、（株）ニデック、生理研、ほか
- ・ 日本学術振興会第125、131、174、179委員会、JSTさきがけアドバイザ
- ・ 応用物理学会、電気学会、映像情報メディア学会、電子情報通信学会、IEEE（米国電気学会）ほか

# 情報機能素子科学研究室

<https://mswebs.naist.jp/LABs/uraoka/index.html>



(写真左から)

教授：浦岡 行治 uraoka@ms.naist.jp

准教授：上沼 睦典 uenuma@ms.naist.jp

客員准教授：石河 泰明 yishikawa@ms.naist.jp

客員准教授：藤井 茉美 f-mami@ms.naist.jp

助教：Bermundo Juan Paolo Soria b-soria@ms.naist.jp

## 自らの手で世界初の半導体デバイスを創る！

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

これまでのバックグラウンドは問いません。新しい物づくりに挑戦するやる気と未知の科学の解明に取り込む好奇心さえあれば十分です。あとは、研究を楽しむ心。

### 研究室の指導方針

半導体プロセスに新しい材料を、どんどん取り込んでその材料の特徴が生かされた半導体デバイスを創ります。ディスプレイ、太陽電池、LSI、パワー半導体、熱電変換素子など広く応用を考えることで、材料科学の基礎と物づくりをバランス良く研究します。どの研究テーマもエネルギー問題の解決と地球の持続的発展に貢献します。

半導体の基礎知識やデバイスプロセスの習得まではスタッフが丁寧にフォローしますが、あとは、各自の能力を信じ、自由な発想で発展していただきます。

### この研究で身につく能力

世界の中で戦える科学者・技術者を目指し、それに必要な能力を養成します。①半導体の基礎知識、②物づくりの基本（真空装置、半導体デバイスの動作原理）、③材料の分析能力、④実行力と計画力、⑤語学力・プレゼンテーション能力、⑥新しい分野を切り開く力。また、本研究室の特長は、①きめ細かい指導体制、②基礎と応用のバランス、③企業や海外の大学との共同研究の推進、④充実した物づくりの環境、⑤豊富な研究テーマです。これらのメリットを活用した研究活動は、企業での即戦力としての活躍だけでなく、材料科学に革命をもたらす人材を育てます。

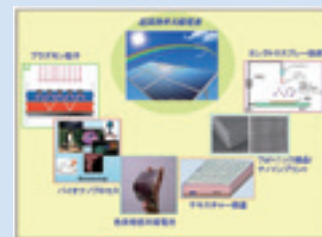
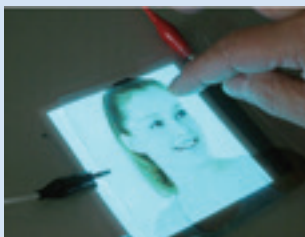
### 修了生の活躍の場

総合電機メーカ、自動車関連分野、半導体装置メーカ、大学・高専教員、国立研究所

### 研究内容

本研究室では、次世代エネルギーエレクトロニクスを牽引する新しい半導体材料を物づくりの視点から研究しています。これらのすべての研究テーマは、業界で最先端を走り続ける国際的な企業や大学との共同研究の形で進められています。

- 次世代ディスプレイの実現にむけた薄膜トランジスタ  
高精細ディスプレイや透明フレキシブルディスプレイを実現するために、シリコンや酸化物半導体(InGaZnOなど)を用いた薄膜トランジスタを作製します。真空プロセスと液体プロセスの両面から、高性能化、高信頼性化を目指します。また、発熱解析装置や発光解析装置を用いた独自の技術で、信頼性劣化メカニズムの解明に取り組んでいます。
- 高効率薄膜太陽電池  
シリコン薄膜やペロブスカイト材料を用いた高効率太陽電池の作製を目指します。真空プロセスと液体プロセスの両面から、高効率化、低コスト化を研究します。また、ナノ構造のテクスチャーを採用することで、光閉じ込め効果を強化しています。
- 窒化ガリウムを用いた高耐圧パワー半導体材料  
電気自動車など未来の乗り物のエンジンを効率よく制御するため、高耐圧の縦型MOS構造トランジスタの研究を行います。独自の高圧水蒸気処理や原子層堆積技術(ALD)を駆使することで、高品質のゲート絶縁膜界面を目指しています。
- 酸化物材料を用いた透明フレキシブル熱電変換素子  
透明でフレキシブルな熱電変換素子の実現を目指して、酸化物半導体(InGaZnOなど)の可能性を研究しています。熱電素子の形成条件とゼーベック係数などの熱電パラメータの相関性を調べることで、高効率な熱電素子を目指します。



### 研究設備

クリーンルーム、微細加工装置、薄膜堆積装置、急速熱処理装置、レーザ結晶化システム、電子ビーム描画装置、赤外線発熱解析装置、半導体パラメータアナライザ

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- Takanori Takahashi, Ryoko Miyanaga, Mami N. Fujii, Jun Tanaka, Kazushige Takechi, Hiroshi Tanabe, Juan Paolo Bermundo, Yasuaki Ishikawa, and Yukiharu Uraoka, "Hot carrier effects in InGaZnO thin-film transistor" Applied Physics Express 12, 094007 (2019).

- Tengda Lin, Mutsunori Uenuma, Masaaki Furukawa, Juan Paolo Soria Bermundo, Yasuaki Ishikawan, and Yukiharu Uraoka "Effective Trapping Reduction in SiO<sub>2</sub>/GaN MOS Structure by High Pressure Water Vapor Annealing" ECS Journal of Solid State Science and Technology, 8 (8) 388-391 (2019).

- Juan Paolo S Bermundo, Chaiyanan Kulchaisit, Yasuaki Ishikawa, Mami N Fujii, Hiroshi Ikenoue and Yukiharu Uraoka, "Rapid photo-assisted activation and enhancement of solution-processed InZnO thin-film transistors" J. Phys. D: Appl. Phys. 53, 045102 (2020).



## 量子物理工学研究室

https://mswebs.naist.jp/LABs/yanagida/index.html



(写真左から)

教授：柳田 健之 t-yanagida@ms.naist.jp

准教授：河口 範明 n-kawaguchi@ms.naist.jp

助教：加藤 匠 kato.takumi.ki5@ms.naist.jp

特任助教：中内 大介 nakauchi@ms.naist.jp

## 蛍光体を用いた放射線計測用デバイスの研究を行います。

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

研究の内容は物理学80%、無機化学20%。そのため例えば大学受験時の選択理科で、物理を選択しなかった方には適性がありません。

## 研究室の指導方針

理工系の研究開発職を目指す前提で指導を行い、企業側が修士卒に期待する理工実験系として十分な知識を得る事が出来るよう、研究重視の教育システムです。学生から見た大学院進学の場合は主に研究と就職活動になりますが、どちらの比重が大きいかは人それぞれですし、どの研究室も基本的にどちらかを主に想定し、教育システムを組んでいます。当研究室は研究メインで大学院に進学した方用の教育システムです。配属を希望する場合、マッチングチェックの為、入学後に個別面談を受けるようお願いいたします。

## この研究で身につく能力

バルク単結晶・多結晶・ガラスを合成する無機化学、開発した物質の光物性を計測・理解・考察する物理、それらの放射線計測デバイス特性を評価する物理工学的な能力が身につきます。修士時から複数の国内・国際学会で主著発表を経験する為、発表資料の作成・発表・質疑応答技法も身につきます。修士課程でも全員がインパクトファクター付の国際誌に主著論文を発表するため、科学論文の書き方や英語の文書作成といった実務力も身につきます。2015～18期生の修士二年間での平均研究業績は、主著の英語論文4.2、国内学会発表13.0、国際学会発表4.7、受賞1.7です。論文を書いてみたいというやる気、あとは最低限の物理の知識があれば一般的な博士課程修了者の研究成果を二年間であげられます。

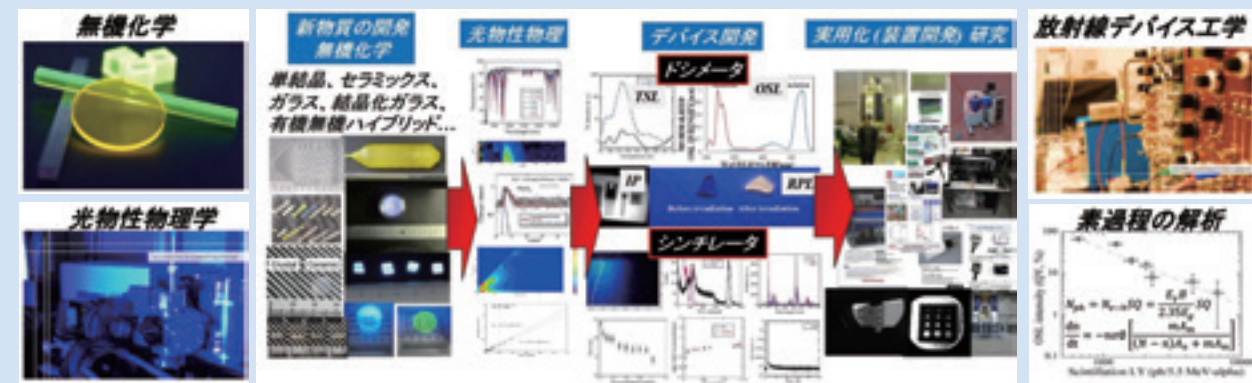
## 修了生の活躍の場

無機化学と物性・デバイス物理を行うため、化学メーカー、物理メーカー（計測機器開発など）に約半々で就職しています（研究室HPに全数記載しています）。修士修了者全員が主著英語論文を執筆しているため、大半が企業でも研究職として初期配属されています。これはNAIST内のみならず、全国的にも極めて高い割合です。博士課程に関しては、これまで博士課程進学8名全員が学振DC1採択です。採用直後から英語論文を一人で執筆可能という即戦力性が評価され、博士・教員OBは全員がアカデミックポストを得ています。

## 研究内容

放射線検出器は医療（X線CT、PET、SPECT、デジタルレントゲン）、セキュリティ（空港の手荷物検査器、港湾のコンテナ検査器）、被ばく線量計、石油等の資源探査、環境計測、宇宙・素粒子物理など広い応用範囲を有していますが、これらのセンサ部分の多くは蛍光体を用いています。量子エネルギー変換によって瞬時に吸収した放射線を可視光に変換する蛍光体はシンチレータと呼ばれています。一方で放射線の量やエネルギーを記憶しておく記憶型素子はドシメータと呼ばれ、記憶手法の違いによって輝尽蛍光体、熱蛍光体、RPL蛍光体などが用いられています。

本研究室では、これら放射線計測用無機蛍光体の合成、評価、計測デバイス開発までを研究対象としており、大きく無機化学、光物性物理学、放射線計測工学の三分野を融合させた研究を展開しています。これら三分野を垂直統合的に行える研究室は世界でも数えるほどしかありませんし、シンチレータと各種ドシメータ双方の研究を行える研究室は世界唯一です。産学連携に精力的に取り組んでおり、LiCaAlF<sub>6</sub>シンチレータ（トクヤマ）、GAGGシンチレータ（古河機械金属）、SrI<sub>2</sub>シンチレータ（オキサイド）、パルスX線ストリークカメラシステム（浜松ホトニクス）など、多数の研究成果が製品として世に出ており、実社会に貢献しています。



## 研究設備

単結晶育成炉6台、SPS炉3台、電気炉15台、遊星ボールミル、切断研磨装置、XRD、XRF、SEM、EPMA、光物性評価装置10種以上、世界唯一の設備を含む放射線計測デバイス特性評価装置10種以上。

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究業績：2015年の研究室発足時より論文503、国際学会発表501、国内学会発表1084、NAIST初の日本学術振興会受賞など。

共同研究実績のある企業：日本結晶光学、三井金属鉱業、トクヤマ、日立金属、神島化学工業、日立アロカメディカル、浜松ホトニクス、日立製作所、NTN、京セラ、東芝マテリアル、小糸製作所、ヴィーネックス、千代田テクノル、オキサイドなど。

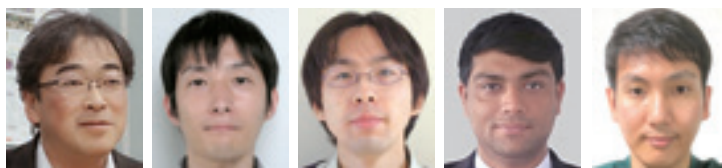
社会活動：応用物理学会-放射線分科会、日本学術振興会186委員会、次世代先端光科学研究会など。

外部資金：企業共同研究費、科研費基盤A、JST A-stepなど。



## 有機エレクトロニクス研究室

https://mswebs.naist.jp/LABs/greendevic/index.html



(写真左から)

教授：中村 雅一 mnakamura@ms.naist.jp

准教授：辨天 宏明 benten@ms.naist.jp

客員准教授：小島 広孝 kojimah@ms.naist.jp

助教：Pandey Manish mpandey@ms.naist.jp

助教：趙 ヨンユン yy.cho@ms.naist.jp

**“Electronics on Any Surface!”** これが我々の研究の大きな目標です。どんな曲面にも曲げられる電子回路，体にまとうだけで発電する布，どこにでも貼れるフィルム状太陽電池など，様々な「表面」にこれまでなかった多様な機能を付加してゆくことで，私たちのくらしはより快適で豊かなものになります。有機固体に現れる多彩な現象のしくみを，独自開発した世界唯一の評価装置などによって解明するとともに，そこで得られた発見や幅広い知識に基づいた新奇性の高いデバイスを提案し，実証してゆきます。「世界が後から付いてくる独創的な研究」を目指します。

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

学際的分野なので，固体物理学，半導体工学，伝熱工学，表面科学，量子化学，高分子化学，光化学など幅広い専門科目が基礎となります。いずれか一つに自信があれば，他は必要に応じて配属後に学んで下さい。機械・電気工作，プログラミングなどのスキルも活かれます。

## 研究室の指導方針

一人一人の興味と適性に応じて，物質に関わる基礎的な研究から実際に動作するデバイスまで，幅広いテーマ設定を行います。配属学生の研究に決まったパターンはありません。前例をなぞらないと不安な人は不向きかもしれません。反対に，自分で考え，教員に提案するくらいの独立心のある人を求めます。学外との共同研究や国際会議などでの発表を積極的に行い，研究者としての自主性と一流の研究マインドを養います。科学に関する幅広い知識と産業応用に向けての展望を併せ持ち，企業でも大学でも活躍できる研究者を養成することを目指しています。

## この研究で身につく能力

選択した研究テーマに応じて，薄膜の構造／物性評価，有機半導体デバイスおよび熱電変換デバイスの作製と評価，精密電気計測，計測プログラミング，走査型プローブ顕微鏡によるナノスケール物性評価，半導体ポリマーやカーボンナノチューブの配向制御と構造／物性評価など，一線の電子材料研究者・技術者として働くための様々なスキルを身につけることができます。さらに，前例のない先端デバイスを開拓する研究を通じて，自ら調べ，考え，実験を準備し，研究を遂行する能力を鍛えます。

## 修了生の活躍の場

大学や各種研究機関、材料・エレクトロニクスを始めとする様々な分野のメーカー研究・技術職など

## 研究内容

## ・「やわらかい」熱電材料の創出

生活環境や人体からの排熱を電気エネルギーに変換する環境発電素子として，従来概念を覆す有機熱電材料やフレキシブル熱電変換素子の創出に取り組んでいます。カーボンナノチューブ間に特殊なタンパク質による単分子接合を形成することで熱伝導率が1/1000に抑制されるナノ複合材料(図1)や，当研究室で発見された有機低分子材料における巨大ゼーベック効果の機構解明と制御(図2)などについて，先端計測・物性理論・計算化学を総動員して研究を進めています。また，CNT系熱電材料を糸にしてデバイスを作り込むことで，「発電する服」を実現させる研究も行っています。

## ・ナノスケール熱輸送の計測・シミュレーション・制御

分子スケールでの温度と熱起電力分布を可視化する新しい走査型プローブ顕微鏡を開発しています(図3)。さらに，平衡および非平衡分子動力学シミュレーションなどによって有機固体や界面における熱輸送機構の理解を進めます。それらの知識は，熱輸送を制御する分子接合をさらに高性能化するために役立っています。

## ・次世代プラスチック太陽電池の開発

光を吸って電気を流す高分子材料( $\pi$ 共役高分子)を用いて，次世代のフレキシブル太陽電池として期待されるプラスチック太陽電池の研究開発に取り組んでいます。ナノメートルスケールの局所空間領域における光電変換機能を可視化する独自の計測手法を駆使して太陽電池の動作機構を分子レベルで解明しています(図4)。さらに，これら基礎研究を通して得られる知見を活かして，太陽電池の高性能化を指向した応用研究も進めています。

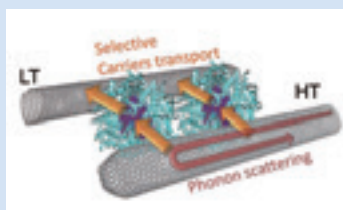


図1 カーボンナノチューブを無機粒子内包かご状タンパク質で接続した熱/電荷輸送独立制御ナノ構造

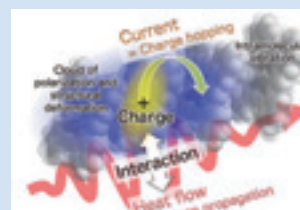


図2 巨大ゼーベック効果の概念図：分子性固体に特有の電流-熱流相互作用

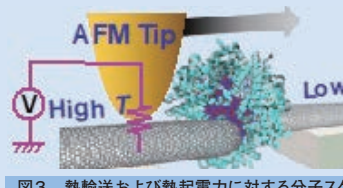


図3 熱輸送および熱起電力に対する分子スケールでの観測と制御

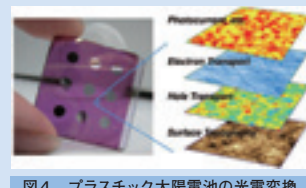


図4 プラスチック太陽電池の光電変換機能をナノ空間で“みる”

## 研究設備

有機材料用および無機材料用の各種蒸着装置，高真空昇華精製／気相結晶成長装置，CNT複合材料紡糸装置，ロボットディスペンサー描画装置，走査型プローブ顕微鏡(用途毎にカスタマイズしたもの5台)，熱電特性評価装置(用途毎に独自開発したもの3台)，熱伝導率／熱拡散率評価装置(用途毎にカスタマイズしたもの4台)，放射光GIXD用ドリフトフリー温度可変チャンパー，THz時間領域分光装置，触針式段差計，ソーラーシミュレータ，インピーダンス分光装置，紫外可視近赤外分光光度計，分光蛍光光度計，引張試験機，化学計算クラスタほか

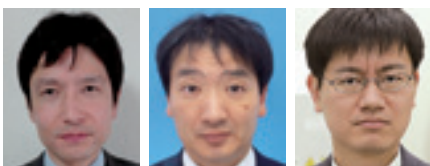
## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- A.T. Hidayat et al., "Enhancement of short-range ordering of low-bandgap donor-acceptor conjugated polymer in polymer/polymer blend films", *Macromolecules* 53, 6630 (2020).
- M. Pandey et al., "Fabrication of ribbon-like films of orientation-controlled carbon nanotube/polymer composite using a robotic dispenser", *Appl. Phys. Express* 13, 065503 (2020).
- M. Suda et al., "Light-driven molecular switch for reconfigurable spin filters", *Nat. Commun.* 10, 2455 (2019).
- H. Kojima et al., "Universality of Giant Seebeck Effect in Organic Small Molecules", *Mater. Chem. Front.* 2, 1276 (2018).
- M. Ito, et al., "From materials to device design of a thermoelectric fabric for wearable energy harvesters", *J. Mater. Chem. A* 5, 12068 (2017).

# (連携)メゾスコピック物質科学研究室

(パナソニック(株)テクノロジー本部)

<https://mswebs.naist.jp/LABs/panasonic/top/top.html>



(写真左から)

客員教授：内藤 康幸 naito.yasuyuki@jp.panasonic.com

客員教授：田中 浩之 tanaka.hiroyuk@jp.panasonic.com

客員准教授：玉置 洋正 tamaki.hiromasa@jp.panasonic.com

## 新奇材料・物性に基づく革新的デバイスの実現を共に目指そう

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

基本的な物理・化学の知識および旺盛な好奇心と実行力。

### 研究室の指導方針

まず研究の社会的必要性および科学技術研究が人類の発展に必要な不可欠であることについて教育を行い理解してもらう。それを踏まえて、本研究室のメゾスコピック、ナノ領域に関わる研究に従事する中で、物づくりと新しい発見の喜びを体験し、将来の科学技術の担い手となる研究者に資する素養の確立を目指す。

### この研究で身につく能力

本研究室に於ける研究遂行により、未踏材料や新規デバイスの探索・設計・合成・評価に関する専門能力が培われる。特に薄膜電子材料の設計技術、高品質薄膜形成技術およびその物理的特性の評価技術の習得が成される。また一連の研究活動を通して、既存の研究領域にとらわれない新しい研究領域を切り開くことが可能な人材に合う能力が育まれる。

### 修了生の活躍の場

電機、電子部品、光学機器、素材、自動車等の製造業や国公立研究機関の研究の場で活躍中。

### 研究内容

当研究室では、メゾスコピック領域における新しい物理現象、特に薄膜の形態にすることで発現する新奇物性の開拓、およびそのデバイス化に関する研究を行っています。具体的には、機能性酸化物に代表される強相関電子系材料を研究対象として取り扱い、薄膜の特徴を活かした新奇物性の探索と、その機能を利用した高性能デバイス実現に係る研究開発を行っています。機能物性としては、強誘電性、強磁性、超伝導、熱電変換、光電変換、イオン伝導、電気化学現象などを対象とし、図1に示すような原子層レベルで制御を行ったメゾスコピック材料の合成と新機能創出の検証を通して、研究を推進しています。

主な研究分野として、電気化学・イオントロニクス材料研究、およびスピン・強相関エレクトロニクス材料研究の2つの分野を機軸とし、エピタキシャル固体電解質薄膜におけるイオンの基礎的な振る舞いと電気化学反応への寄与解明に基づく新奇物性発現、およびメゾスコピックレベルで発現する強相関系材料の機能解析に基づく電子とスピンの相互作用に着目した新奇デバイスの創出を目指して研究を進めています。

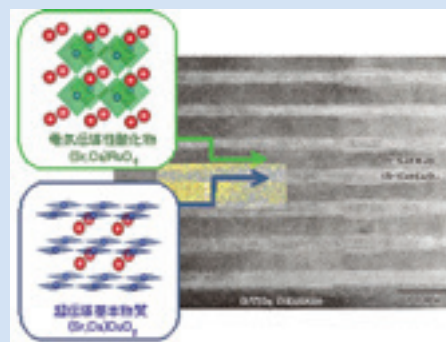


図1. 原子層レベルの積層制御薄膜

### 研究設備

スパッタ成膜装置、レーザーアブレーション成膜装置、原子層堆積装置、真空蒸着機、電界放射型走査電子顕微鏡、原子間力顕微鏡、熱処理炉、エッチング装置、物理特性測定装置、熱電性能測定装置、デバイス電気特性測定装置など

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

所属学会：応用物理学会、日本セラミックス協会、電気化学会など



# (連携) 感覚機能素子科学研究室

(株) 島津製作所 基盤技術研究所

<https://mswebs.naist.jp/LABs/shimadzu/index-j.html>



(写真左から)

客員教授：北村 圭司 kitam@shimadzu.co.jp

客員教授：叶井 正樹 masakiki@shimadzu.co.jp

客員准教授：古宮 哲夫 furumiya@shimadzu.co.jp

## 分析計測機器や医用機器への応用を目指した、マイクロ流体デバイスやセンシング技術に関する研究開発を行っています。

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

チャレンジ精神と知的好奇心、協調性のある方を歓迎します。

論文が読める程度の基礎的な英語力、物理学（流体力学、放射線など）の基礎知識があれば研究に役立ちます。

### 研究室の指導方針

マイクロ流体デバイスやセンシング関連の基盤技術研究と、それらの技術を統合・集積化した超小型化学分析システム（ $\mu$ TAS）、医用画像診断装置、非破壊検査装置などの高機能システムに関する研究・教育を行います。

研究活動は（株）島津製作所の基盤技術研究所で行い、企業の研究者と協力しながらニーズ指向の研究を行うことで、社会で活躍できる人材を育成します。

研究では実験とシミュレーションをバランスよく取り混ぜ、定期的なミーティングや実験レポートの提出・添削を通して、学会発表できるレベルの研究を目指します。

### この研究で身につく能力

マイクロ流体やX線・ $\gamma$ 線検出器の要素技術に加え、それらを応用した $\mu$ TAS、医用画像診断装置、非破壊検査装置に関する基礎知識を学ぶことができます。

基本的なデバイスの作製技術、各種分析計測機器の基本原則と使い方、流体や光学に関する計算機シミュレーションの活用方法が習得できます。

研究の立案・方針の検討・実験のデザイン・結果の考察といった日々の研究活動や学会発表を通して、自ら調べ考える力、論理的思考力、課題解決能力、コミュニケーション能力、プレゼンテーション能力を身につけられます。

企業研究者と協力して将来の製品化を意識した実用的な研究開発を行うことで、研究成果を社会貢献に結びつける力を養います。

### 修了生の活躍の場

電子機器メーカ、医療機器メーカ、材料メーカなど

### 研究内容

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術などセンサ・デバイス関連の基盤技術研究を実施するとともに、それを用いて作製した電気泳動チップ、細胞培養チップ (図1参照) やマイクロリアクター、電気浸透流ポンプ、気液分離チップなどの様々なマイクロ流体デバイスの開発を行っています。さらに、それらの技術を統合・集積化することで、高機能な超小型化学分析システム ( $\mu$ TAS: Micro Total Analysis Systems) の実現に取り組んでいます。具体的には、半導体製造プロセス技術を応用して、シリコン基板やガラス基板にサブ $\mu$ mオーダの微細加工 (マイクロマシニング) を施すことで、化学分析や化学操作 (反応や抽出など) を行なう $\mu$ mサイズの三次元構造を持つ機能デバイスを開発しています。また、それらの機能デバイスを基板上に集積化して、DNA分析システム、リアルタイム細胞機能解析システム、オンサイト環境分析システム、可搬型分析システムなどの、複雑な機能を有する $\mu$ TASの実現を目指して、基盤技術研究に取り組んでいます。

また、がんの早期発見など医療・診断分野や工業用製品・材料などの非破壊検査分野への応用を目指して、高精細で高機能なX線画像検出器や陽電子放射断層撮影 (PET) 用の $\gamma$ 線検出器 (図2参照) とその信号処理回路の開発、X線位相イメージングなどの新しいイメージング手法の研究を行っています。さらに、生体親和性高分子を用いた再生医療向け機能材料 (図3参照) などのバイオ関連技術についても取り組んでいます。

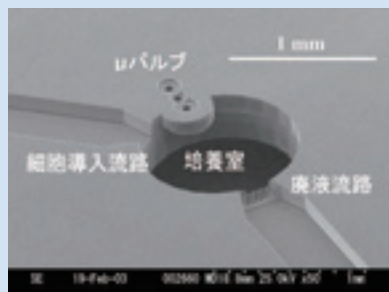


図1 細胞機能解析システム用細胞培養チップ

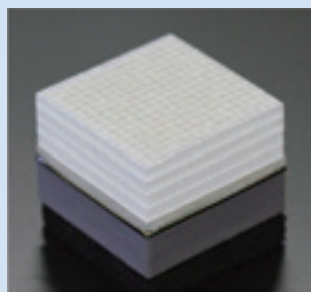


図2 医療用3次元放射線検出器

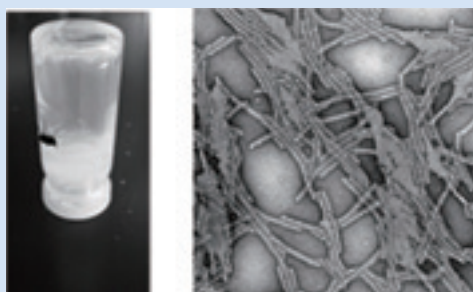


図3 再生医療応用に向けた生体親和性ゲル

### 研究設備

- ・各種成膜 (スパッタ、蒸着) 装置
- ・露光装置 (アライナ、EB露光)
- ・ドライエッチング装置
- ・放射線計測装置

### 研究業績

- ・磁性体粒子と、ゲルによる試薬液の区画・固定手段を用いた新規核酸抽出法、島津評論 72 (3・4) 83~88 (2016.3)
- ・マルチモダリティ対応フレキシブルPET装置の研究開発、島津評論 72 (3・4) 83~88 (2016.3)
- ・ナノ材料分級計測システムの開発、島津評論 72 (3・4) 165~171 (2016.3)



# 光反応分子科学研究室

<https://mswebs.naist.jp/LABs/kawai/index.html>



(写真左から)

教授：河合 壯 tkawai@ms.naist.jp

准教授：森本 積 morimoto@ms.naist.jp

准教授：中嶋 琢也 ntaku@ms.naist.jp

助教：山田 美穂子 myamada@ms.naist.jp

光に応答し光を制御する分子・ナノ材料の合成・開発を通じて未来の情報、エネルギー、化学反応を担う分子システムの構築を目指します。

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

化学に関する基礎知識を有することが望ましいですが必須ではありません。新しい領域に挑戦する意欲と熱意を持ち、粘り強く研究活動に取り組むことができる学生さんを歓迎します。

## 研究室の指導方針

毎週の研究進捗報告会に加え、年末の中間報告会ならびに日々のディスカッションを通じて、研究テーマに沿った背景を十分に理解し、研究方針の決定とその実施、さらには研究指針の見直しなどを行います。研究にかかわる一連のステージを各自が直接に体験し、なおかつ成功体験を獲得することにより、先端分野における開拓者に要求される逞しさの醸成をはかります。

## この研究で身につく能力

修士修了レベルでは、基本的な英文読解能力に加え、光反応分子科学領域における先端的な技術・科学課題に対する課題解決能力と専門的な知識を身につけなおかつ先端的な研究成果を有し、さらにそれらを元に修士論文の執筆と修士論文発表における質疑応答能力を身につけます。博士学位レベルでは、当該領域において先端的な技術・科学課題を自身で見出し解決する課題発見・解決能力と専門的な知識を身につけます。なおかつ自身が得た先端的な研究成果を国際的に発表するための、英語による執筆、プレゼンテーション能力を身につけます。

## 修了生の活躍の場

大学等における教育研究職、化学関連企業の研究職など。

## 研究内容

### 1) 光応答性分子材料の開発

光応答性のターアアリーレン系分子を開発しています。高効率化を目指した基礎研究に加え、世界最高レベルのエレクトロクロミズム、X線感度を示す分子や、その構造をベースにした光酸発生剤(図1)の開発、円偏光発光特性を光スイッチする分子などを開発します。

### 2) 新有機合成反応の開発

有機物質が高度に機能化されるにつれてその化学構造は複雑・高次になり、従来の合成手法では対応しきれなくなります。そこで、高次構造有機分子の構築を可能とする新有機合成反応を開発します。特に、有機分子の結合を容易に切断・再構築する遷移金属触媒を用いた新合成反応の開発に力を入れています(図2)。さらに、開発した合成手法を活用し、生体機能有機物質を合成します。

### 3) ナノ粒子材料の開発

表面設計を通じ、形状・電子構造、分散状態ならびに自己組織化特性を制御したナノ粒子材料の開発を行っています。キラル配位子を通じた半導体ナノ粒子、金属クラスターへのキラリシティの誘起(図3)、表面の両親媒設計による自己組織化構造の精密制御、表示デバイスを指向した強発光性複合体材料の開発などを進めています。

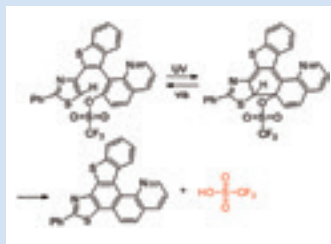


図1. 新原理に基づく光酸発生分子



図2. 異種金属触媒による高次構造カルボニル化合物合成

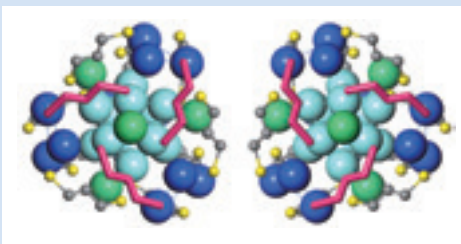


図3. キラルAg<sub>29</sub>クラスター

## 研究設備

各種分光評価装置、各種HPLCおよび合成・精製支援装置、熱分析装置、熱電特性評価装置、グローブボックスなど

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- 1) "Photo-Lewis Acid Generator Based on Radical-Free 6-pai Photo-Cyclization Reaction", R. Mizutsu, R. Asato, C. J. Martin, M. Yamada, Y. Nishikawa, S. Katao, M. Yamada, T. Nakashima, T. Kawai, J. Am. Chem. Soc., 141, 20043 (2019)
- 2) "Photosynergetic Amplification of Radiation Input: from Efficient UV Induced Cycloreversion to Sensitive X-ray Detection", R. Asato, C. J. Martin, J. P. D. C. Calupitan, R.

Mizutsu, T. Nakashima, G. Okada, N. Kawaguchi, T. Yanagida, T. Kawai, Chem. Sci., 11, 2504 (2020)

- 3) "Enantioseparation and Chiral Induction in Ag<sub>29</sub> Nanoclusters with Intrinsic Chirality", H. Yoshida, M. Ehara, U. D. Priyakumar, T. Kawai, T. Nakashima, Chem. Sci., 11, 2394 (2020)
- 4) "CO Gas-free Intramolecular Cyclocarbonylation Reactions of Haloarenes Having a C-Nucleophile through CO-Relay between Rhodium and Palladium," T. Morimoto, M. Yamashita, A. Tomiie, H. Tanimoto, K. Kakiuchi, Chem. Asian J., 15, 473 (2020).

共同研究: フランス・ポールサバチエ大、カシヤン高等師範大学、レンヌ大学、スペイン・グラナダ大学、インド・IISER-トリバンダム、韓国・慶尚大学、インドネシア・IPBなど、その他、国内共同研究多数

# 機能有機化学研究室

https://mswebs.naist.jp/LABs/env\_photo\_greenmat/index.html



(写真左から)

教授：山田 容子 hyamada@ms.naist.jp

准教授：荒谷 直樹 aratani@ms.naist.jp

助教：林 宏暢 hhayashi@ms.naist.jp

助教：松尾 恭平 kmatsuo@ms.naist.jp

## 世界を変える有機エレクトロニクス材料の創成にチャレンジ

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

「世界を驚かす新しい分子を自分の手で作りたい!」という意欲。「化学と研究が好きだ!」という素直なこころ。「新しいことに挑戦したい!」という好奇心。チームの一員として協力できる協調性・コミュニケーション力。

### 研究室の指導方針

有機電子材料、発光性材料などの機能有機材料の開発を通じて、融合分野で活躍し社会に貢献できる研究者を育成します。研究背景の理解、目的達成のための分子設計、有機化学合成、物性評価によるフィードバック、問題点の洗い出しと解決策の提案、学会・論文・特許などによる成果発表という一連のステップを実施することで、問題提起・実験遂行・問題解決する力とプレゼンテーション能力を有する研究者を育成します。さらに博士後期課程では、情報収集、研究テーマの提案と遂行、論文執筆を通じて世界で活躍する研究者として自立できるよう指導します。

### この研究で身につく能力

機能有機材料の開発を通じて、研究開発に必要な基礎知識、専門知識および技術を身につけます。具体的には、計算科学を用いた分子設計、最新かつ多彩な設備を使った有機合成と構造解析・分光特性評価、化合物の集積プロセス開発とデバイス作製、導電性などのデバイス特性評価を自ら行うことで、有機合成化学から有機エレクトロニクスにわたる幅広い知識と技術を、原理からテクニックまで習得します。さらに博士後期課程の学生は、異分野の研究者との共同研究によるコミュニケーション力、学会発表や外部資金獲得申請によるプレゼンテーション能力、論文の執筆による英語力・論理展開能力など研究遂行能力を身につけ、国際性などを兼ね備えた自立した研究者、技術者を目指します。

### 修了生の活躍の場

材料化学メーカーを中心とした幅広い理系職 (詳細はHPに記載)

### 研究内容

有機薄膜太陽電池、有機薄膜トランジスタなどに利用可能な有機半導体材料、分子性グラフェン・グラフェンナノリボンや近赤外領域に吸収をもつ色素、発光材料の開発を目的に、新規 $\pi$ 共役拡張芳香族化合物を設計・合成し、物性評価と機能開拓を行っています。

#### (1) 有機エレクトロニクス材料の開発

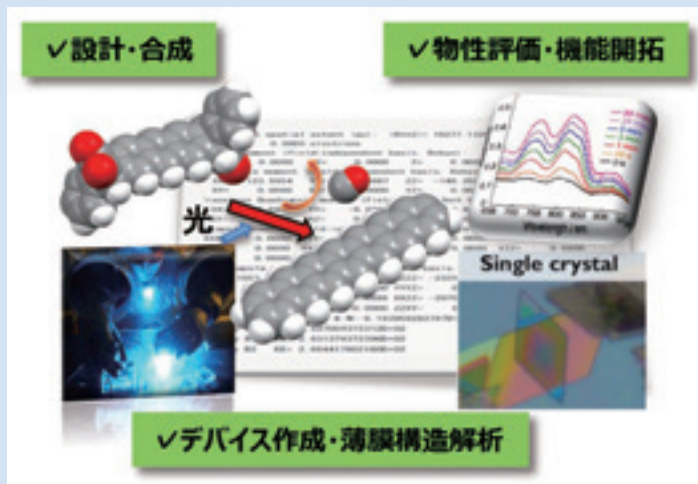
太陽電池やトランジスタなどへの応用をめざし、革新的な有機半導体を開発しています。特に、可溶性前駆体を基板に塗布した後、光照射や加熱することで不溶性低分子半導体薄膜へと変換するユニークな「前駆体法」を基軸に、材料合成～デバイス作成を網羅する包括的な研究を行っています [1,2]。

#### (2) 斬新な形状・機能性を有する $\pi$ 共役分子の構築

十分に $\pi$ 共役系が拡がりかつ化学的に安定な、ユニークな形状をもつ分子性グラフェン・オリゴアセンなどの多環芳香族炭化水素の新規合成法を開拓しています。またその材料の特長を活かした光機能的素子・電子素子の開発および高効率の近赤外発光材料の合成を行っています [3]。

#### (3) 新規ナノカーボン材料の合成と機能開拓

次世代デバイスの基幹材料になる、新規ナノカーボン材料の創成を目指しています。特に、優れた電子物性が予想されるグラフェンナノリボンに着目し、ボトムアップ有機合成によるグラフェンナノリボン前駆体の合成と、原子レベルでの構造・物性を評価できる技術を組み合わせた材料開発を展開しています [4]。



### 研究設備

可視近赤外分光計測装置、絶対蛍光量子収率測定装置、MALDIおよびAPCI質量分析装置、走査型プローブ顕微鏡、偏光顕微鏡、グローブボックス、昇華精製装置、電気化学アナライザー、蒸着装置、各種光源、疑似太陽光光源、プローバー、GPC、HPLC、低温恒温槽など

### 研究業績・共同研究・外部資金など

- H. Hayashi, H. Yamada, R. Fasel et al., On-surface light-induced generation of higher acenes and elucidation of their open-shell character. *Nat. Commun.*, 2019, 10, 861.
- K. Takahashi, M. Suzuki, Q. Miao, H. Yamada et al., Engineering Thin Films of a Tetrabenzoporphyrin toward Efficient Charge-Carrier Transport: Selective Formation of a Brickwork Motif. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2017, 9, 8211.

- R. Kurosaki, H. Hayashi, M. Suzuki, J. Jiang, M. Hatanaka, N. Aratani, H. Yamada, A remarkably strained cyclopyrenylene trimer that undergoes metal-free direct oxygen insertion into the biaryl C-C  $\sigma$ -bond. *Chem. Sci.*, 2019, 10, 6785. (Selected as an Inside Back Cover)
- J. Yamaguchi, H. Hayashi, H. Yamada, S. Sato et al., Small bandgap in atomically precise 17-atom-wide armchair-edged graphene nanoribbons. *Commun. Mater.*, 2020, 1, 36.

・共同研究：東大、京大、阪大、神戸大、愛媛大、千葉大、新潟大、関西学院大、富士通研究所、Empa (スイス)、香港中華大、UC Santa Barbara (米国)、National University of Singapore など

・学術革新領域研究 (A) 「動的エキシトン」(R2~R6年度) 計画班



# バイオ・テクノミメティック分子科学研究室



(写真左から)

教授：ラッペン ゲナエル gwenael-rapenne@ms.naist.jp

准教授：安原 主馬 yasuhara@ms.naist.jp

助教：西野 智雄 t-nishino@ms.naist.jp

特任助教：尾本 賢一郎 omoto@ms.naist.jp

## 生き物に学び、世界をあっといわせる分子マシンを生み出す

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

有機化学・錯体化学・高分子化学・生体関連化学に関する基礎的な知識を習得し、多段階の有機合成（反応・精製・解析）を行い、学際的研究を行う意欲。また、研究ディスカッションに必要な英語および日本語の能力。

### 研究室の指導方針

自主的な研究テーマの遂行を通じて、研究者としての自信を養うことができる研究指導を行います。また、国際学会発表や論文執筆を通じて、国際的な舞台で活躍できる人材を育成します。日常的な研究室活動では、互いを研究者として尊敬し、信頼できる関係を構築することで、研究に専念できる環境作りを行います。研究ミーティングは基本的に英語で実施することで、海外へも情報発信できる基礎的なコミュニケーション能力を身につけると同時に、研究室内アクティビティ（研究室旅行・パーティなど）を通じて教員・学生の連帯感を高めます。

### この研究で身につく能力

研究チームの一員として、機能性分子を設計・合成・評価することができる能力  
研究テーマに関して、英語もしくは日本語によって学会等でプレゼンテーションできる能力  
挑戦的な有機合成および最先端の学際的研究を達成する能力

### 修了生の活躍の場

産業界：化学メーカー、素材メーカー、食品メーカー、電機メーカー、機械メーカーなど  
アカデミア：大学（国内外）、公的研究機関など

### 研究内容

バイオミメティクスおよびテクノミメティクスを融合することで、新しい分子マシンの創成とナノ機械工学および生物応用に関する研究を行っています。

#### ・テクノミメティック分子マシン

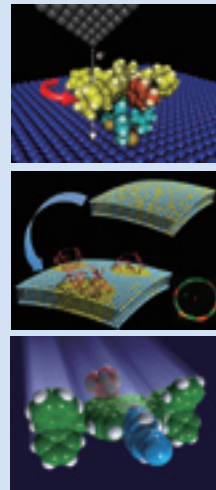
テクノミメティック分子マシンとは、巨視的な機械の機構にヒントを得て、ミクロスケールもしくはナノスケールで機械的な動きを実現する分子です。有機合成化学および超分子化学の手法を用いることで、光や熱、電子に応答してナノメートルスケールでエネルギー生産や通信、情報伝達を行うことのできる分子マシンの設計と合成を行っています。具体的なターゲットとして、分子モーター、分子ギヤ、ナノカーを開発しています。

#### ・バイオミメティック分子マシン

外部刺激に応答して誘導される、細胞膜の形態変化や細胞膜内での分子集合体の形成は多くの細胞機能や疾病と関連する重要な分子機構です。膜タンパク質など、天然に存在する分子マシンを規範として、有機化学および高分子化学の手法をもとに、細胞膜のダイナミクスを誘導することのできる人工分子をデザイン・合成し、生きた細胞の機能を制御する方法論を開発しています。また、生体内での自己組織化からヒントを得た新しい分子材料の創成にも取り組んでいます。

#### ・ハイブリッド分子マシン

テクノミメティック分子マシンとバイオミメティック分子マシンを融合することで、次世代の分子マシンの開発を行っています。例えば、光もしくは電子によって応答する分子マシンをデザインし、生体へと適用することで、ナノメートルスケールでの機械的な動きをトリガーとした生理活性の誘導や生体機能の制御をめざした研究を行っています。



### 研究設備

分光分析装置（紫外可視、円二色性、DLS、蛍光など）、合成機器一式（リサイクル分取HPLC、フラッシュ自動精製装置など）、超高感度示差走査熱量分析計、ゼータ電位計、全反射蛍光顕微鏡、電気化学測定装置、生体分子間相互作用測定装置など

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- [1] Controlled clockwise and anticlockwise rotational switching of a molecular motor U.G.E. Perera, F. Ample, H. Kersell, Y. Zhang, J. Echeverria, M. Grisolia, G. Vives, G. Rapenne, C. Joachim, S.-W. Hla, *Nature Nanotech.* **2013**, *8*, 46-51.
- [2] Dipolar Nanocars Based on a Porphyrin Backbone T. Nishino, C. J. Martin, H. Takeuchi, F. Lim, K. Yasuhara, Y. Gisbert, S. Abid, N. Saffon-Merceron, C. Kammerer, G. Rapenne, *Chem. Eur. J.* **2020**, *26*, 12010-12018.

[3] A chiral molecular propeller designed for unidirectional rotations on a surface Y. Zhang, J. P. Calupitan, T. Rojas, R. Tumbleson, G. Erbland, C. Kammerer, T. M. Ajayi, S. Wang, L. A. Curtiss, A. T. Ngo, S. E. Ulloa, G. Rapenne, S.-W. Hla, *Nature Commun.* **2019**, *10*, 3742.

[4] Spontaneous Lipid Nanodisc Formation by Amphiphilic Polymethacrylate Copolymers, K. Yasuhara, J. Arakida, T. Ravula, S. K. Ramadugu, B. Sahoo, J. Kikuchi, and A. Ramamoorthy, *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, *139*, 18657-18663.

アルゴンヌ国立研究所、オハイオ大学、ミシガン大学、カリフォルニア大学サンフランシスコ校（米国）、ドレスデン工科大学（ドイツ）、グラーツ大学（オーストリア）ほかフランス、チリ、ベルギーとの共同研究および東京大学、京都大学、東京医科歯科大学など国内大学および学内他研究室との共同研究

日本学術振興会（科学研究費補助金）、科学技術振興機構、フランスおよびEUからの公的研究費、企業との共同研究など



# (連携)機能高分子科学研究室

(参天製薬(株))

<https://mswebs.naist.jp/LABs/santen/kinohome/framepage1.html>

(写真左から)

客員教授：本田 崇宏 hondat@ms.naist.jp

客員教授：岡部 高明 komei.okabe@santen.com

客員准教授：工藤 一弘 kazuhirokudo@ms.naist.jp

**医療が進歩し優れた薬も多く見出されているが、眼の病気で苦しむ人たちはまだまだ多い。私たちの目標は、薬物の効果を最大限に発揮するシステムを提案して実現し、より優れた医薬品を世界中の眼の病で苦しむ人たちに届けることです。**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

大学教養課程レベルの有機および無機化学と生物の知識がある事が望ましい。また英文学術誌の内容をある程度理解でき、教員の指導の下、種々の化学物質や研究データの適正な取り扱いが出来る事が望ましい。

## 研究室の指導方針

「モノ作り」に夢を持ち、その実現のために努力を惜しまない人材の育成を柱として、研究・教育を行う。そのために、研究背景や位置づけの理解、実験計画・手法、結果の解析、考察、結論の導き方などの習得を重視する。また正確で信頼性の高いデータを創出できる基本的な手技・能力を身に付ける。さらに法令順守や安全衛生面での配慮もできること。

## この研究で身につく能力

ある種の有機化合物(例：ペプチド)の合成と精製(分取HPLCなど)、MS(質量分析)やNMR(核磁気共鳴)スペクトルなどによる分析と構造解析。またテーマによっては調製したサンプルを用いた細胞系での各種試験、その分析としてHPLCやLC-MSなどの各種装置による分析。また場合によって種々の化学計算(MM 2、MD、MO)なども行い、計算結果を用いた考察、考案した方法の適用範囲の予測。

## 修了生の活躍の場

当研究室の卒業生は、主に医薬関連企業や国内の化粧品会社に就職して活躍しています。

例：富士フィルム、興和株式会社、丸石製薬、ナード研究所、旭化成メディカル、ポーラ、テツゲン(新日鉄住金グループ)、ピアス、カーリット

## 研究内容

近年医療が進歩し、抗眼薬など優れた薬も数多く見出されているが、眼の病気で苦しむ人たちはまだまだ多く存在する。その理由の一つとして眼の医薬品の場合、殆どの製剤が点眼剤のため、有効成分である薬物が、作用点に到達し難く望む治療効果が得にくい事があげられる。また緑内障などは自覚症状がほとんどないため、患者さんが投薬を止めてしまい、気づいた時には病状が深刻な事態になっていることがある。私たちの目標は、点眼においても薬物が所望の作用点に効率よく到達し薬物の効果を最大限に発揮するシステムや、加齢黄斑変性などの後眼部の疾患の治療薬として、数か月間持続性を維持する徐放性の硝子体注射製剤の添加剤の基礎研究を実施している。優れたものはさらに参天製薬の研究開発において高次の評価を実施し、そこで高い有効性・安全性が見出されれば、プロジェクトとして提案し、新しい形の眼科用医薬品として世界中の眼の病で苦しむ人たちに届けたいと考えている。

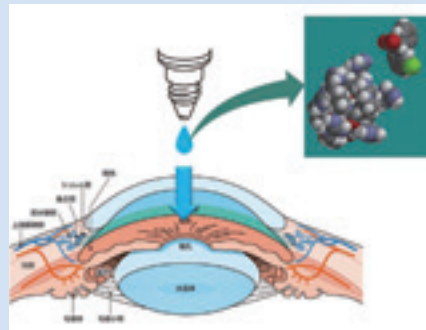


Fig.1 DDS for eye disease (anteriorchamber)

## 研究設備

HPLC、LC-MS、分取HPLC、NMR、IR、プレートリーダー、電子顕微鏡など

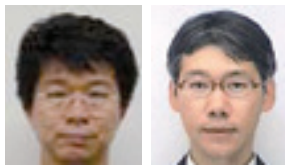
## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

- ・特許出願番号：2017-234651：細胞膜透過性ペプチドを含有する眼科用医薬組成物
- ・特許公開番号：2016-104708：アスコルビン酸誘導体を含有する非水性注射剤及びデポ形成方法
- ・特許公開番号：2016-104709：シスチン誘導体を含有する非水性注射剤及びデポ形成方法
- ・国際公開番号：2008-093677：血管新生阻害作用を有する新規のオキサジアゾール誘導体およびチアジアゾール誘導体
- ・特許公開番号：2011-190238：新規環状スクアリン酸アミド誘導体
- ・特許公開番号：2008-231088：1,4-ベンゾオキサジニン-3-オン骨格を有する新規化合物
- ・化学系欧文ジャーナルおよび国内学会発表など

# (連携)環境適応物質学研究室

(公財)地球環境産業技術研究機構

<https://mswebs.naist.jp/LABs/rite/index.html>



(写真左から)

客員教授：余語 克則 yogo@rite.or.jp

客員教授：後藤 和也 goto.ka@rite.or.jp

## マテリアルサイエンスで地球温暖化を阻止！

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

新しいものを創造しようとする好奇心・熱意を必要とします。また、それを実現するために基礎学力が期待されます。更に、実際に物質を調製し、それを評価・研究した経験があれば、当研究室での研究に役立ちます。

### 研究室の指導方針

当研究室は、(公財)地球環境産業技術研究機構RITEのスタッフが担当する研究室です。RITEが実施する温暖化対策の技術開発プロジェクトを通じてOJT (On-the-Job Training) 教育を行い、関連知識・技術を習得させるとともに、社会人としての心得についても指導します。学生は所謂インターンシップを経験しながら、その中で学位論文を仕上げています。少人数制のため、各研究テーマを担当する博士研究員による日々の実験活動等へのマンツーマン指導とともに、指導教員との綿密な研究打合せが可能であり、専門分野において価値のある研究成果を求めることができます。

### この研究で身につく能力

地球環境問題、特に温暖化問題について、その社会的背景、原因、対策に対する理解を深めるとともに、RITEで実施中のCO<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>の分離回収技術、バイオマテリアル生産技術の開発を通じて、地球環境問題の解決に貢献する物質の科学についての知識を習得できます。

また、材料科学、化学工学、有機・無機合成、物理化学などの化学分野の専門知識を深めると共に、広く学問体系が見渡せ、世の中に存在する課題の抽出や解決の方法論などを総合的に理解できる能力が身につきます。

更に、RITEのスタッフの研究活動に接することにより、研究成果を商用技術へと発展させるための視点、自らの発明の権利を確保するための知的財産の知識、幅広い年齢構成の人々との協調性等、社会人としてのスキルも高まります。

### 修了生の活躍の場

製造業(化学、石油、電気、電子、ゴム、窯業など)、研究機関

### 研究内容

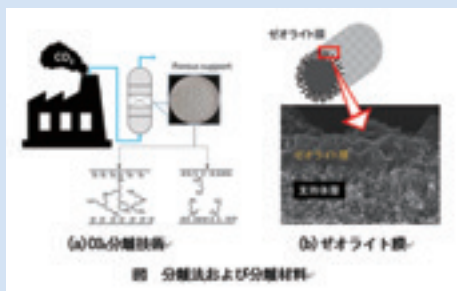
当研究室は、無機材料を主たる研究対象とし、温暖化対策技術の一つであるCCS(二酸化炭素回収貯留)での実用化を目標に、CO<sub>2</sub>分離回収性能に優れた新規材料の研究開発を進めています。また、脱炭素社会構築に必要な基盤技術として、水素やCO<sub>2</sub>分離などの各種分離材料および分離法の研究にも注力しています。

- 1) 地球温暖化対策のためのCO<sub>2</sub>分離回収技術開発
- 2) 脱炭素社会構築に向けた新規材料開発

上記のテーマを中心とし、開発した革新的な材料を様々な用途に展開すべく、国内外の研究機関、民間企業と広く共同研究を行っています。

具体的には以下の様な材料を開発しています。

・ゼオライト・メソ多孔体・炭素系材料・アミン系材料・金属有機構造体・無機膜(ゼオライト、シリカ、パラジウム等)、など



### 研究設備

X線光電子分光装置(XPS)、走査型トンネル顕微鏡(STM)、走査型電子顕微鏡(FE-SEM)、FT-IR、UV-VIS、HPLC、TG-DTA、XRD、共焦点レーザー顕微鏡、2成分ガス吸着測定装置など

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究業績：

- [1] K. Kida, et al., "Preparation and gas permeation properties on pure silica CHA-type zeolite membranes", Journal of Membrane Science 522 (2017) 363-370.
- [2] Q. T. Vu, et al., "Exploring the Role of Imidazoles in Amine-Impregnated Mesoporous Silica for CO<sub>2</sub> Capture", Industrial & Engineering Chemistry Research, 57 (2018) 2638-2644.
- [3] K. Yogo, et al., "Pore-fill-type palladium-porous alumina composite membrane for hydrogen separation", Energy Procedia, 37 (2013) 1104-1108.

共同研究・社会活動：日本化学会、化学工学会、触媒学会、ゼオライト学会、資源エネルギー学会、膜学会、吸着学会などで活動。また、国内外の研究機関と共同研究を実施(AIST、JAXA、東北大学、宇都宮大学、広島大学、ノルウェーNTNU、米NETL、米スタンフォード大など)。

# (連携) 先進機能材料研究室

(地独) 大阪産業技術研究所

<https://mswebs.naist.jp/LABs/omtri/index.html>



(写真左から)

客員教授：高橋 雅也 masataka@omtri.or.jp

客員准教授：門多 文治 kadota@omtri.or.jp

客員准教授：山本 真理 mari@omtri.or.jp

**次世代のエネルギーデバイス（全固体二次電池）実現の鍵となる材料を開発します。  
地球環境に配慮したバイオマス材料を開発します。  
企業目線を踏まえて先進材料の開発および実用化研究を進めます。**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

化学、応用化学、高分子化学または材料工学の基礎的な知識を持っていることが望まれます。また、実験の方法を自分で工夫し、その研究を楽しむことができる姿勢が必要です。

## 研究室の指導方針

当該分野の知識を習得することが第一目的ではなく、主体的に問題点を発見し独創的に解決策を提案できるようになり、どのようなテーマにも創意工夫により対応し解決できる力を持つことを重要視しています。またディスカッションを通して多様な視点を持ち、自立的に研究を進め、将来の職場における活躍の基盤となる問題解決・発展力を会得することをめざします。多様な視点とは、さまざま学問分野を融合させることにとどまらず、企業的な視点である経済的合理性や、さらに環境負荷や社会的意義までも含めた視点を意味します。

## この研究で身につく能力

当研究室では、地球環境に配慮した材料開発とその実用化を意識して、セラミックス、高分子、金属という三大材料の研究を行っています。学生の皆さんは、それら個々の研究の遂行だけでなく、全体的な議論の場を通じて、幅広い種類の材料の基礎、さらにプロセス(合成)・構造・物性・機能をより深く理解できるようになります。その理解の上に立って研究を進めることで、企業に就職後に有用な、地球環境保全関連技術や種々の材料を産業に応用するための研究開発能力を身につけることができます。また、多分野の企業の技術者と連携した研究開発に日常的に触れることにより、個別の研究開発課題への企業目線での取り組みや評価の方法、さらに環境負荷や社会的意義を意識する態度が醸成されます。これらは即戦力技術者としての能力の基盤になるものです。

## 修了生の活躍の場

プラスチック・ゴム、製紙などの素材から精密機械、自動車といった最終製品に至る様々なステージのメーカーで活躍しています。また、情報通信インフラ分野の企業、公的研究機関でも活躍しています。

## 研究内容

当研究室では、材料の創成および改質技術を基盤として、産業界の抱える課題に向き合い、次世代のエネルギーデバイス実現の鍵となる材料、および地球環境に配慮した高分子材料・その合成技術の研究開発を進めています。そのための技術基盤として、ボトムアップ型のナノテクノロジーはもとより、有機・無機合成技術・高分子合成技術、セラミックス合成技術、超ハイブリッド材料(ナノコンポジット材料)創成技術を駆使し、ナノメートルレベルで構造を制御した高機能材料の開発を行っています。

具体的な開発課題の一例は以下のとおりです。

(1) 安全・安心、長寿命、ユビキタスな(どこでも使える)デバイスへの要望が高まり、超小型電子機器から自動車に利用できる二次電池の開発が求められています。そこで、次世代全固体リチウムイオン二次電池のために必要な材料、およびプロセス開発を行い、シート型全固体電池への展開を図っています(図1)。

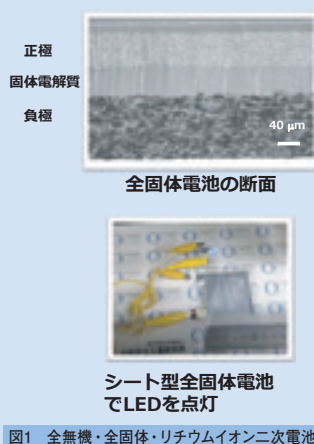


図1 全無機・全固体・リチウムイオン二次電池

(2) ナノ多孔質化、ナノファイバー化などによるナノ形態制御による電池材料の開発、電池性能の改善、および、無機高分子創成技術を駆使した新規固体電解質の開発と実用化プロセスへの応用研究を行っています。  
(3) 微生物により生分解されるバイオマス材料の高性能化を目指して、代表的なバイオマス材料であるポリ乳酸系プラスチックの硬いという欠点を、独自開発の「有機触媒」を用いて、セルロースナノファイバーにグRAFT化することで、柔軟性、接着性ともに高めるなどの高性能化の研究を行っています(図2)。

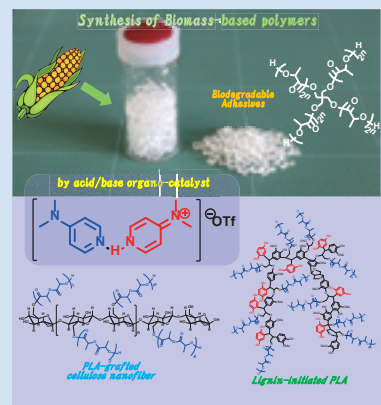


図2 植物由来プラスチックの精密合成

## 研究設備

大阪市内 森之宮の大阪産業技術研究所 森之宮センターを研究拠点として、大阪産業技術研究所が所有する研究設備を中心に、大学設備も活用します。

## 共同研究・外部資金など

科学研究費基盤研究、国家プロジェクト「先進・革新蓄電池材料評価技術開発(SOLID-EV)」(NEDO)に参画、「戦略的基盤技術高度化支援事業」(サポイン事業)に参画。

技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センター(LIBTEC)を始め、多数の企業との共同研究、日常的に多分野の企業技術者や大学の研究者と連携して研究開発を推進。



## 機能超分子化学研究室

https://mswebs.naist.jp/LABs/hirota/index.html



(写真左から)

教授：廣田 俊 hirota@ms.naist.jp

准教授：松尾 貴史 tmatsuo@ms.naist.jp

助教：山中 優 mymnk@ms.naist.jp

助教：小林 直也 kobayashi.naoya@ms.naist.jp

特任助教：真島 剛史 t.mashima@ms.naist.jp

**分子レベルでの化学的知識に基づき、様々な分光分析、タンパク質工学、有機合成を駆使して、生体超分子の分子デザインとその応用利用を目指した研究をしています。****研究を始めるのに必要な知識・能力**

化学を基盤とした新規タンパク質の開発および生命現象の解明を行いますので、化学の基礎知識を有することが望ましいが、タンパク質の知識は問いません。新しい研究に興味があり、新しいテーマに挑戦する意欲を持つ学生を歓迎します。

**研究室の指導方針**

各学生に独立した研究テーマを設定し、タンパク質超分子、有機・錯体合成分子を創成し、それらの機能を評価する実験指導を行い、得られた実験結果を解析する指導を行います。実験を通じて、研究を計画・遂行できる能力を高めるとともに、タンパク質精製、遺伝子発現、有機・錯体合成、各種分光機器の取り扱い、データの解析などの基本的な実験操作と研究プロセスを体得できるように指導します。

**この研究で身につく能力**

化学・生物両方の研究手法、実験技術を身につけることにより、将来、どのような道に進んでも、様々な課題に対して柔軟に対応できる能力が身につきます。

**修了生の活躍の場**

大学、公的研究機関（理化学研究所、産業総合研究所）、医療系・化学系を中心とした企業（アステラス製薬、小林製薬、大塚製薬、テルモ、住友ゴム、ユニチカ、日立製作所、京セラミタ、ダイハツ工業、大日本印刷）

**研究内容**

生体内では、タンパク質、DNA、糖などの生体分子が相互作用して超分子を形成し、生命活動を維持しています。当研究室では、次世代超分子の創成、天然を凌駕する人工タンパク質の創成、更に、アルツハイマー病や異常ヘモグロビン病などで起こるタンパク質変性の分子メカニズムの解明を行っています。これらの研究は、ナノバイオロジーや薬学の分野で注目されています。具体的には、以下の研究を行っています。

1. 新規タンパク質医薬品の開発：ヒトの抗体などを用いて、タンパク質医薬品の開発を行っています。また、HeLa癌細胞の細胞膜を破壊するタンパク質超分子などの機能性タンパク質を作製しています。
2. 人工タンパク質デザイン：タンパク質を自在に操り、生体超分子を作製できれば、新しい機能性材料に繋がります。そこで、私達は新しい概念で、タンパク質をパズルのように捉え、タンパク質超分子の分子システムをデザイン・作製しています（図1）。
3. 異常ヘモグロビンなどのタンパク質変性機構の解明：異常ヘモグロビン病、アルツハイマー病、パーキンソン病などのタンパク質構造変性による機能不全の分子メカニズムの多くは不明のままです。これらの疾病に関連する変性機構を分子レベルで調べ、その阻害法を研究しています。
4. 有機合成と分子生物学の手法を駆使した人工金属酵素・タンパク質分子機械の創成：有機合成と生化学的手法による新しい生体分子の開発研究をしています。精密有機合成・生体高分子化学・免疫学を基にした生体金属触媒の創成を行っています。さらに、タンパク質の構造変化に基づく「タンパク質分子機械の創成」を通して、分子構造変化で機能発現を制御する「分子情報変換システム」の開発を実施しています（図2）。
5. 生理活性分子の機能解明をするメディシナルケミストリー：メディシナルケミストリーの観点より、アポトーシス関連酵素に対する生理活性小分子の機能メカニズムの解明と、その知見を基にした新しい生体反応の制御法の開発とそのための新規分子の合成開発を行っています。

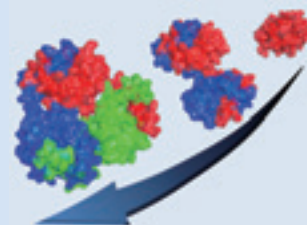


図1. タンパク質超分子のデザイン

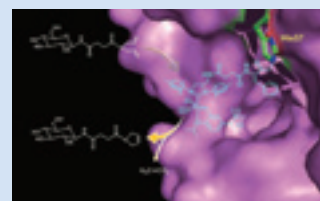


図2. オレフィンメタセシスを触媒する人工金属酵素（バイオ触媒）の創成

**研究設備**

共鳴ラマン装置、ステップスキャンFT-IR（時間分解測定可能）装置、ナノ秒過渡吸収測定装置、ストップフロー装置、YAGレーザー、Ar<sup>+</sup>レーザー、倒立蛍光顕微鏡、PCR、HPLC、FPLC、GC、グローブボックス、示差走査熱量計（DSC）、各種分子生物学実験機器、各種タンパク質精製機器など

**研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など**

1. C. Jatmika, T. Matsuo et al., Dalton Trans., 49, 11618 (2020).
2. S. Nagao et al., Chem. Asian J., 15, 1743 (2020) (Very Important Paper).
3. H. Tai, S. Hirota, ChemBioChem, 21, 1573 (2020) (Very Important Paper).
4. T. Miyake, T. Matsuo et al., Bioconjugate Chem., 31, 794

(2020).

5. R. Cahyono et al., Metallomics, 12, 337 (2020) (Front Cover).
  6. T. Matsuo, P. P. Parui et al., Langmuir, 36, 426 (2020).
  7. T. Matsuo et al., Tetrahedron Lett., 60, 151226 (2019) (Front Cover).
  8. H. Tai et al., Angew. Chem. Int. Ed., 58, 13285 (2019).
  9. P. P. Parui et al., Chem. Sci., 10, 9140 (2019).
  10. T. Miyamoto et al., ACS Synth. Biol., 8, 1112-1120 (2019).
  11. Y. Shomura et al., Science, 357, 928 (2017).
  12. K. Yuyama et al., Angew. Chem. Int. Ed., 56, 6739 (2017) (Hot Paper).
- 共同研究：国内外多数（アメリカ、フランス、ドイツ、イタリア、オランダ、インド、中国、台湾等）  
外部資金：科学研究費等多数

## 分子複合系科学研究室

https://mswebs.naist.jp/LABs/kamikubo/index.html



(写真左から)

教授：上久保 裕生 kamikubo@ms.naist.jp

准教授：藤間 祥子 toma@ms.naist.jp

助教：山崎 洋一 yamazaki@ms.naist.jp

分子の世界の社会学  
分子集団が織りなす機能性の源を紐解き利用する

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

物理学、化学、生物学などの分野からなる融合研究を進めています。未知なるものに興味を持ち、探究心を持ち続ける能力を身につけたいと考えている人であれば、研究を始めてから必要な知識は身につけることができます。

## 研究室の指導方針

分子複合系に見られる様々な現象の解明、そこで得られた科学的知見に基づいた新規分子複合系材料の開発を通じ、論理的思考によって自ら判断する意思を持つ自立した研究者・社会人を養成したいと考えています。分子複合系は学際領域研究によって解き明かされるものであり、特定の学術分野に特化した研究では歯が立ちません。新しい現象に興味を促すことで、課題解決に必要な科学的素養を主体的に身につける実践的な能力を育成することを指導方針としています。

## この研究で身につく能力

日頃の研究活動を通じ、X線/中性子/光散乱計測、分光学的計測、顕微観察、遺伝子/タンパク質工学等の手法や物理化学、生物物理学、蛋白質科学、材料科学に関する知識を身につけることができます。学生には独立した研究テーマを設定し、立ち上げから責任を持って遂行にあたってもらいます。研究を立ち上げ成果を出すことは、社会人になって一つのプロジェクトを任せられ、その課題の構造を読み解き、一つ一つ行動しながら解決し形にしていく作業に似ています。研究遂行時に生じる問題を研究室メンバーと共有しつつ、様々なアドバイスやアイデアに基づき、最終的には自らの判断によって解決できる能力を身につける環境を提供します。

## 修了生の活躍の場

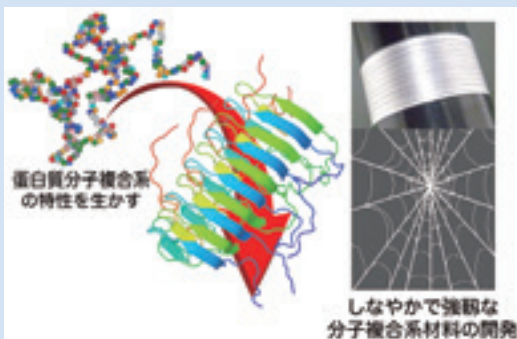
博士取得者の中には、公的研究機関や大学等で研究者として活躍している修了生や、民間企業に就職し、新しいプロジェクトを任せられ、その立ち上げに尽力している修了生が多数います。博士前期課程で卒業した学生も、化学系、材料系、製薬系をはじめとした民間企業に就職し活躍しています。

## 研究内容

人間、一人一人の力は小さくても、社会集団を形成することでより大きな力を発揮することができます。これと同じことが分子の世界でも起きています。分子複合系科学研究室では、分子集団の協奏現象が生み出す機能性の理解とその材料科学への応用を目指しています。

**分子複合系の理解：**我々が研究対象としているのは、様々な分子が共存する複雑な生命システムです。生命システムの中では、蛋白質と呼ばれる分子達がそれぞれ個性を持ち、機能に対し何らかの役割を担っています。しかしながら、個々の蛋白質分子は生物に見られる高度な機能とかけ離れたささやかな機能を持っているにすぎません。我々が目の当たりにする生物が示す多様な機能性は、これら蛋白質が緩やかに結びついた集団が恒常的かつ自律的な集合離散を繰り返すことによって実現されています。当研究室では、分子集団が示す機能性の源を紐解くために、従来分析が困難だった複雑な分子システムの動態を解析する新しい研究手法の開発を進めています。

**分子複合系の利用：**蛋白質分子集団は、生理機能を生み出すのみならず、様々な生体材料の構成物にもなっています。個々の蛋白質には自分自身がやりたい構造が潜在的にプログラムされており、自発的にその構造に折り畳まれる性質を有しています(自己組織化)。蚕やクモの糸(シルク)等に代表される構造蛋白質と呼ばれる種類の蛋白質は、更に蛋白質同士が規則正しく凝集し、目に見える大きさの材料を構成します。シルクの中では、蛋白質同士が複雑な相互作用を介して強固に結びつくことによって、人間が作り出した人工物では再現することができない優れた特性を示します。原料となる蛋白質を改変しシルクを再構成することができれば、身近な材料から航空機や宇宙で利用される特殊材料に至るまで、材料科学に革命をもたらすと言われています。しかしながら、現状、我々は蚕やクモのように上手に蛋白質を紡ぐことができていません。当研究室では、個々の蛋白質や蛋白質集団が示す自己組織化能の研究を通じてこの問題にアプローチし、新規蛋白質材料の開発と実用化、ひいては蛋白質材料科学とも呼べる新たな学術分野の開拓を進めています。



## 研究設備

X線溶液散乱測定装置、X線結晶構造解析装置、動的光散乱測定装置、分析型超遠心機、顕微/赤外吸収分光装置、円二色性分散計、蛍光光度計、紫外可視分光光度計、低温分光測定システム、燐光寿命計測システム、ナノ秒蛍光寿命計測システム、AFM、共焦点レーザー顕微鏡、全反射蛍光顕微鏡、DNAシーケンサー、PCR、プラスミド調製ロボット、μ流路型自動サンプリングシステム、引張圧縮試験機

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究業績

- ・K. Yonezawa, N. Shimizu, K. Kurihara, Y. Yamazaki, H. Kamikubo, M. Kataoka "Neutron crystallography of photoactive yellow protein reveals unusual protonation state of Arg52 in the crystal" *Scientific Reports* 7:9361 (2017)
- ・H. Kuramochi, S. Takeuchi, K. Yonezawa, H. Kamikubo, M. Kataoka, T. Tahara "Probing the early stages of photoreception in photoactive yellow protein with ultrafast time-domain Raman spectroscopy" *Nature Chemistry* 9, 660-666 (2017)
- ・Y. Yoshimura, N. A. Oktaviani, K. Yonezawa, H. Kamikubo, F. A. A. Mulder "Unambiguous Determination of the Ionization State of a Photoactive Protein Active Site Arginine in Solution by NMR Spectroscopy" *Angewandte Chemie* 56:239-242 (2017)

共同研究：国内外での共同研究多数(海外: USA, Denmark等)・民間共同研究(Spiber Inc.)

外部資金：新学術領域研究「生命分子システムにおける動的秩序形成と高次機能発現」革新的研究開発推進プログラム ImPACT「超高機能構造タンパク質による素材産業革命」他、科学研究費補助金等



# ナノ高分子材料研究室

<https://mswebs.naist.jp/LABs/ajiro/index-j.html>



(写真左から)

教授：網代 広治 [ajiro@ms.naist.jp](mailto:ajiro@ms.naist.jp)

准教授：安藤 剛 [tando@ms.naist.jp](mailto:tando@ms.naist.jp)

助教：Chanthaset Nalinthip [nalin@ms.naist.jp](mailto:nalin@ms.naist.jp)

助教：吉田 裕安材 [hyoshida@ms.naist.jp](mailto:hyoshida@ms.naist.jp)

## 分子レベルから設計して、新しい医療材料やエネルギー関連材料を創る

### 研究を始めるのに必要な知識・能力

基礎的な化学、有機合成、高分子、および機器分析、もしくは、空いた時間に独学でこれらを早く学べる能力と学習意欲。英文の学術雑誌から情報収集できる基礎的な英語能力。

### 研究室の指導方針

当研究室では「分子技術」の概念に基づいた研究を行っています。つまり分子レベルから化学構造を設計し、様々な機能性高分子材料を創ります。特に、超高齢社会に対する医療材料や次世代のエネルギー関連材料に着目しています。

ここでは、産学連携を重視して積極的に企業との連携を図ります。また人材育成による社会貢献を目指します。日頃からのディスカッションを重視し、学生が困難に出会っても、それらを上回る粘り強さとチャレンジ精神を培えるように、日々全力を尽くします。

### この研究で身につく能力

高分子材料の合成と物性に関する基礎知識、実験手法、および解析手法を習得し、研究課題を遂行できる能力。機能性材料の基本的な化合物の知識と、合成技術や解析能力。分子間相互作用に対する理解と制御する手法と技術。分子集合体の設計と材料化との相関の設計を行える能力。ナノ構造制御の手法と技術。英文学術雑誌の探索と内容を理解できる能力、および研究課題に関連する世界的な動向と位置づけの理解と、発表能力。英語を使って専門に関する個々の実験結果の解析と考察能力と、総合的なまとめと結論を導き出す能力と、これらを学術学会で発表できる論理的説明能力。自らの研究課題にとらわれず、関連に対するディスカッション能力。

### 修了生の活躍の場

高分子材料系や化学系の会社、機器メーカーの会社、工学研究者、化学品開発技術者、機械設計技術者など

### 研究内容

超高齢社会で必要となる新しい医療材料と、エネルギー問題解決に貢献する材料、のトピックに着目しています。これを達成するための高分子材料として、「合成高分子材料」、「生分解性高分子材料」、「両親媒性高分子材料」、「ナノ高分子制御材料」の4材料に区別し、それぞれ取り組んでいます。

「合成高分子材料」では、既に出回っている汎用性の高分子材料を使って、新たな機能性を複数付与したり、力学的強度や耐熱性などの性能を向上させたりすることを目指しています。例えば、ポリスチレン骨格を利用したオイルゲルを創って、新しい薬物担持材料や吸着材料へと展開します。また、ポリウレタン骨格を利用して高い生体適合性や力学的強度を付与するなど、複機能性高分子材料や高性能高分子材料を創ります。

「生分解性高分子材料」では、生分解性高分子を使って、特定の病状をターゲットとした機能性を付与することを目指します。例えば、体内で分解しても酸性有機化合物を生成しないエステルフリー型構造に着目しています。このエステルフリー型を特徴とする、トリメチレンカーボネート誘導体を利用して、循環器治療用材料、長期薬物徐放材料や抗血栓性材料を創ります。

「両親媒性高分子材料」では、水にも油にもなじむ両親媒性の化合物を使って、機能性材料創出を目指します。例えば、N-ビニルアミドについて、新しいモノマー構造の設計や複数のモノマーを組み合わせた共重合体を設計します。これらを用いることで、難水溶性薬物を効果的に担持する材料や、抗菌性材料、さらにはガスハイドレート生成を防止する材料を創ります。

「ナノ構造制御材料」では、ナノ構造を制御する技術を使って、機能性材料創出を目指します。例えば、互いに相互作用する二種類の高分子を組み合わせることで数十から数百ナノメートルサイズの薄膜を構築できる交互積層法や、スピニング法や、スピニング法などを利用します。また、高分子間相互作用を利用したナノ粒子調製法を利用します。これらの手法によって、蓄熱材や接着剤の高性能化を図ります。また、外部環境の変化に応じてナノ構造や形態が変化する材料を使って、新しい薬物送達材料を構築します。

以上の材料創出の研究を進める際には、分子設計、高分子構造制御、高分子間相互作用、および高性能化と高機能化、のそれぞれの各ステージで実験結果をまとめ、各ステージとの相関をよく検討します。



### 研究設備

レオメーター (Malvern社製、Kinexus)。卓上型精密万能試験機 (島津製作所: EZ-SX)。紫外可視分光光度計 (島津製作所: UV-2600)。フーリエ変換赤外分光光度計 (島津製作所: IRAffinity-1S,ATR)。示差走査熱量計 (島津製作所社製: DSC-60Plus, TAC/L)。熱重量測定装置 (島津製作所社製: TGA-50)。倒立型蛍光顕微鏡 (オプトサイエンス社製)。吸光マイクロプレートリーダー (コロナ電気社製: MTP-310Lab)。接触角計 (Flow Design社製)。分子量分析装置 (日本分光社製、島津製作所社製)。プラズマ照射装置 (魁半導体社製: YHS-R)。UV照射装置 (三永電気製作所: UVF-352S)。高低温サーキュレーター (Julobo社製: F12-ED)。ホモジナイザー (Asone社製: AHG-160A)。スピニングター (Aiden社製: SC4001)。ローターター (タイテック社製: RT-5)。遠心分離機 (TOMY社製、KUBOTA社製)。水晶発振器・振動数測定装置。イオン交換純水装置。超純水製造装置。製氷機。超音波洗浄機。脱水有機溶媒としてソルベントサプライシステム。インキュベータ。有機合成設備として、ドラフト、窒素真空ライン、グローブボックス、真空ポンプ、エバポレーター、乾燥器、加熱式デンシケータ、オートドライデシケータなど。

### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

【研究室設置2015年～現在(2021年1月)までの実績として】

原著論文54報、学会発表217件(国内167件、国際50件)。企業との共同研究3件。特許出願10件。他大学との共同研究(大阪大学、近畿大学、福井大学、昭和薬科大学、鳥取大学、西宮市立中央病院、アメリカ合衆国ミシガン大学、ドイツ国アーヘン工科大学、ドイツ国フライブルク大学、フランス国トゥールーズ大学、ノルウェー国シュタバンゲル大学、タイ国チュラロンコン大学、タイ国カセサート大学、フィリピン国アテネオ・デ・マニラ大学など)



# マテリアルズ・インフォマティクス研究室

[https://mswebs.naist.jp/courses/list/labo\\_26.html](https://mswebs.naist.jp/courses/list/labo_26.html)



教授：藤井 幹也 [fujii.mikiya@ms.naist.jp](mailto:fujii.mikiya@ms.naist.jp)

**デジタル技術の力で、物質の新しい学理を見出し、新材料創成を実現する未踏領域の開拓に挑戦しましょう。2021年スタートの研究室ですので、新しいチームをつくりあげることが好きな皆さんの参画を待っています。**

## 研究を始めるのに必要な知識・能力

新しい学術領域を切り開く好奇心、失敗を恐れない行動力、チームメンバーへのオープンマインド。そして、物理、化学、情報のいずれかの基礎知識を持ち、C言語やPythonなど何らかのプログラム言語が利用可能なことが望ましいです。

## 研究室の指導方針

機械学習や深層学習、そして計算物質科学手法を用いて、物質理解および新材料開発を推進する研究力を指導します。この力はアカデミアに進むにも、インダストリーに進むにも必要な研究力です。マテリアルズ・インフォマティクスは学際領域ゆえ、物質科学出身者や情報科学出身者など多様な研究者がいます。研究室ではそれぞれの学生がもつバックグラウンドを重視し、論文輪講セミナーや研究ディスカッションなどを通して科学的思考様式と実践力の養成を指導方針とします。

## この研究で身につく能力

物質科学と情報科学の能力が身につきます。物質科学に関しては、原子・電子のスケールから量子力学の原理に従って物質を理解できるようになります。具体的には、第一原理計算や分子動力学計算など計算物質科学の手法に精通することができ、学术界での研究者や製造業での技術者として活躍する基礎になります。情報科学については、基礎的なデータ解析手法や統計的手法、そして機械学習や深層学習の能力が身につきます。これらは、修了後に物質科学に限らず様々な分野で皆さんが活躍できる礎になるでしょう。また、研究者・技術者として特定の学問領域を深く突き詰める力と、研究開発リーダーとして必要な学問領域を横断で俯瞰する能力の双方を身につけられるよう指導します。

## 修了生の活躍の場

2021年スタートの研究室ですのでまだ修了生はいませんが、藤井はIT企業や総合電気メーカーでの研究開発経験がありますので、産学両面から修了後の進路を考えて指導します。実際、過去に指導した学生はIT企業や製造業、そしてアカデミアのそれぞれで活躍しています。

## 研究内容

これまで、デジタル技術を用いて物質が機能発現する機構の解明および新しい機能性材料の設計を行ってきました。機能発現については主に計算物質科学手法を用いており、機能性材料の設計には機械学習・深層学習の手法を用いてきました。また、『見えないものを見る』をキーワードに計測インフォマティクスも実験研究者との共同研究を行ってきました。

### 1：有機薄膜太陽電池のマルチスケール解析

有機薄膜太陽電池の創電メカニズムを解明するために、デバイスシミュレーション、分子動力学計算、第一原理計算を用いたマルチスケール解析を行ってきました(図1)。ここでは、電子や正孔の非局在性が電荷分離機構に重要であることを見出しました。

### 2：機械学習・深層学習による物性予測と材料設計

機械学習による材料特性を予測・推定する手法を開発しています。これにより第一原理計算では難しい大規模系のエネルギー推定を可能にしました(図2,[6])。また、所望特性を備えた材料の設計のために、Generative Adversarial Networkを用いた化学組成式の生成モデルを提案しました。(図3,[1])

### 3：見えないものを見るスパースモデリング

機械学習手法であるスパースモデリングを用いて、全個体電池におけるリチウムイオン濃度の超解像を行いました。ここでは、十分な信号対雑音比が得られないオペランド解析であってもスパースモデリングを用いることでリチウムイオンが正極から固体電解質に移動する様子を見ることに成功しました(図4,[3])。

今後は『異種データ統合』を基本概念として複数の材料系、複数の物性の新しい関係性を見出す研究を展開していきます。一般に、理解するとは、複数の概念間の関係性を見つけ、言語化・定式化していく活動です。自然科学は帰納的な手法と演繹的な手法の双方を両輪としてこの関係性を法則として定式化することで発展してきました。第一原理計算や分子動力学計算といった計算物質科学手法は自然科学法則を原理として演繹的に物質を理解する代表的なものです。一方で、データ科学の強みはデータから帰納的に関係性を見出すところにあります。このデータ科学の強みをもとに異なる材料系や異なる物性間の新しい関係性を発見することを私達は目指します。特に、転移学習、マルチタスク学習、マルチモーダル学習などの手法に注目して研究を展開していきます。

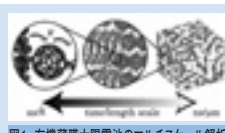


図1. 有機薄膜太陽電池のマルチスケール解析



図2. 機械学習・深層学習による物性予測と材料設計



図3. 化学組成式の生成モデル

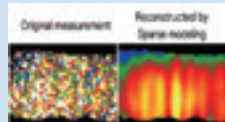


図4. 見えないものを見るスパースモデリング

## 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

研究業績 (2019年以降)

- [1] Y. Sawada, K. Morikawa and M. Fujii, "Conditional Generative Adversarial Networks for Inorganic Chemical Compositions", accepted in Chem. Lett. (2020)
- [2] Y. -J. Wu, T. Tanaka, T. Komori, M. Fujii, H. Mizuno, S. Itoh, T. Takada, E. Fujita, and Y. Xu, "Essential structural and experimental descriptors for bulk and grain boundary conductivities of Li solid electrolytes", STAM, 21, 712-725 (2020)
- [3] Y. Nomura, K. Yamamoto, M. Fujii, T. Hirayama, E. Igaki and K. Saitoh, "Dynamic imaging of lithium in solid-state batteries by operando electron energy-loss spectroscopy with sparse coding", Nat. Comm., 11, 2824

(2020)

- [4] E. Kawashima, M. Fujii, and K. Yamashita, "Entropy Promotes Charge Separation in Bulk Heterojunction Organic Photovoltaics", J. Photochem. Photobiol. A: Chemistry, 382, 111875, (2019)
- [5] E. Kawashima, M. Fujii, and K. Yamashita, "Simulation of Conductive Atomic Force Microscopy of Organic Photovoltaics by Dynamic Monte Carlo Method", Chem. Lett., 48, 513-516, (2019)
- [6] M. Kaneko, M. Fujii, T. Hisatomi, K. Yamashita, and K. Domen, "Regression model for stabilization energies associated with anion ordering in perovskite-type oxynitrides", J. Ene. Chem., 36, 7 - 14, (2019)

社会活動

- ①理論化学会幹事 (2019年~)
- ②計算物質科学協議会運営委員 (2020年~)

## (協力) データ駆動型化学研究室



(写真左から)

教授 (兼任) : 浦岡 行治 uraoka@ms.naist.jp

特任教授 : 船津 公人 funatsu@dsc.naist.jp

准教授 : 宮尾 知幸 miyao@dsc.naist.jp

特任助教 : Swarit Jasial jasial@dsc.naist.jp

### データ駆動型化学でものづくりのイノベーションを!

#### 研究を始めるのに必要な知識・能力

基礎的な機械学習の知識があり、およびいくつかのプログラミング言語を使えることが望ましいですが、必須ではありません。有機化学、創薬化学、材料化学、化学工学のいずれかの分野に関する知識があることが有益な研究につながります。

#### 研究室の指導方針

データ駆動型化学の研究を通して、実用的な課題へのデータ解析、モデリング、そしてそれらを通した新規材料設計などを行い、データ駆動型化学の応用性を身をもって体験してもらう教育を実施したいと考えています。オープンで積極的な議論ができる研究室を目指して行きたいと考えています。

#### この研究で身につく能力

化学の諸問題をデータサイエンスの視点で解決する実践的能力が身につきます。これに伴って化学データの解析法、化学構造のコンピュータ上での取り扱いなど、新しい化学研究のための基礎および応用力が身につきます。

#### 修了生の活躍の場

化学系企業等では今まさにデータ駆動型化学を定着させようとしています。したがって、社内でのデータ駆動型サイエンスの中核的な人材として位置づけられる活躍をするものと思います。

#### 研究内容

化学および化学工学に関わる予測と設計に関する諸問題を、ケモインフォマティクス(化学情報学)を武器に、シミュレーションを通して解決する研究を行います。ケモインフォマティクスとは、コンピュータを利用した情報処理技術を基盤として、化学に関する様々な問題の解決を目指す比較的新しい研究分野で、様々な課題に対して実用的な成果を挙げています。我々人類を取り巻く環境(化学システム)の良好な改善と最適化は、一つ一つの構成要素や要素技術の最適化によって実現できる訳ではありません。多くの場合、目的の達成には構成要素や要素技術間のトレードオフの問題が出てくるからです。この解決は、分子レベル、マクロレベルの構造情報、制御情報および物質の安全性など、化学の様々な情報およびツールを互いに連携・統合させ、総合的に評価することによってはじめて実現されます。データ駆動型化学研究室ではこのような視点から、実社会への貢献を念頭に新規材料設計・分子設計および化学製造プラントの監視と制御など、まさにコンピュータによってしか取り組めない斬新なアイデアと研究成果を世の中に発信し続けていきます。化学システム設計に寄与する知的情報基盤の構築にも取り組んでいます。化学情報との関わり方が、化学研究のスタイルを変えつつあります。化学分野におけるビッグデータへの取り組みも始まりました。データ駆動型化学研究室はその先頭に立つ研究室です。

#### 研究設備

一人一台のデスクトップPCに加え、深層学習用のGPGPU計算機があります。学生の皆さんが必要とする計算機環境などは十分に手当てする予定です。

#### 研究業績・共同研究・社会活動・外部資金など

ケモインフォマティクス、化学工学関係の知名な論文誌に200報を超える論文を掲載しています。また、企業との共同研究も大変に盛んで、先端的な課題を企業の方々とともに解決しています。科学技術振興機構(JST)の創造的戦略研究推進事業(CREST)の新規研究領域「科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータの利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出;高度化(H25~31年度)の研究課題として「医薬品創薬から製造までのビッグデータからの知識創出基盤の確立」が真っ先に採択されました。

# 物質創成科学領域・ 物質科学教育研究センター共通設備機器

## 物質評価解析・質量分析装置群

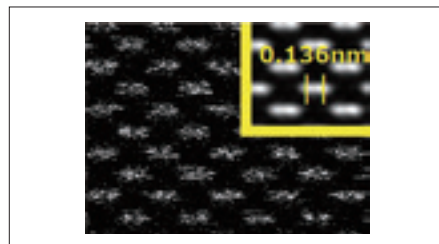
物質や材料の構造、組成や多様な性質を評価・解析するための施設群です。

### 透過型電子顕微鏡 (TEM) 装置群

最高300kVの高電圧によって加速された電子線を試料に照射し、透過する電子線を結像させて、試料の拡大像や結晶性に関する情報を取得する装置です。集束した電子ビームを走査しながら試料に照射して拡大像を得る走査透過電子顕微鏡や電子線トモグラフィー、クライオ観察、試料から放出されたX線や非弾性透過電子を用いたサブナノメートルスケールの元素分析などに対応可能な3装置から構成されています。



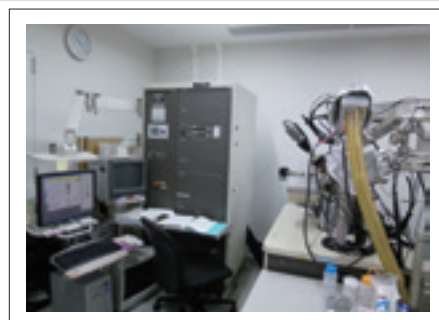
透過型電子顕微鏡



Si単結晶 (110) 面の超高分解能観察像

### 二次イオン質量分析装置 (SIMS)

集束したセシウムイオンあるいは酸素イオンを試料に照射し、そのときに生じる二次イオンを用いて質量分析する装置です。半導体やセラミックスなどに含まれる微量元素の検出や深さ方向の分布を解析することが出来ます。



二次イオン質量分析装置

### X線回折構造解析装置群

X線の回折現象から多様な材料の結晶構造を解析する装置です。反射率測定も可能な高出力の粉末・薄膜用X線構造解析装置、錯体・有機低分子などの数十ミクロン程の微小結晶を測定できる微小結晶X線構造解析装置、さらにタンパクなどの巨大分子や分子集合体の解析に威力を発揮するX線小角散乱装置を備えた超分子X線構造解析装置などが設置されています。



微小結晶X線構造解析装置

### 超伝導NMR測定装置群

核磁気共鳴現象を利用して分子の構造を解析する装置です。高分解能測定に特化した600MHz超伝導NMR測定装置をはじめ、温度可変測定、多核測定、磁場勾配パルスを用いた二次元測定に対応した500MHz、400MHzおよび300MHzの各超伝導NMR測定装置が設置されています。また、CPMAS法を用いて固体サンプルの測定ができる固体400MHz超伝導NMR測定装置も設置されています。

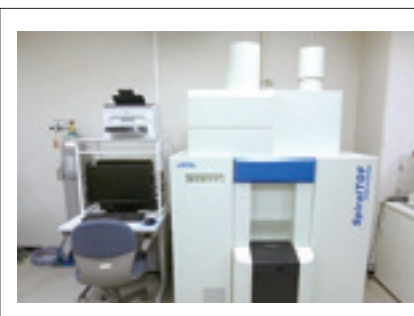


固体400MHz超伝導NMR装置



## 質量分析装置群

分子や元素の質量を測定して、材料の元素組成を解析する装置群です。生体分子や高分子などにも対応したMALDI-専用飛行時間型質量分析計 (TOF-MS)、高精度なスパイラル型TOF-MS、不安定な化学種も高感度で計測できるFABをはじめ多様なイオン化法に対応可能な二重収束型質量分析装置が設置されています。さらに溶液中の微量元素の多元素同時定量に威力を発揮する誘導結合プラズマ質量分析装置 (ICP-MS) が設置されています。



MALDI-SpiralTOFMS

## 全自動元素分析装置

有機分子材料などに含まれる炭素・水素・窒素の含有率測定を行う装置です。技術職員による依頼測定により運用されています。



## 蛍光X線元素分析装置

固体や液体などの試料から蛍光として放射されるX線を分析することで非破壊かつ高精度の元素分析が可能です。



## 表面観測装置群

物質や材料の表面を観測するための装置群です。ナノメートルスケールの解像度や多様な分析技術により、材料の表面を多角的に解析することが出来ます。

## 多機能走査型X線光電子分光分析装置 (XPS)

試料にX線を照射して発生する光電子スペクトルから、試料に含まれる元素の種類や化学状態を分析できます。100~10 $\mu$ mに絞ってX線を走査することによりマッピングを行うこともできます。Ar<sup>+</sup>イオン銃、(Ar<sub>n</sub>)<sup>+</sup>クラスターイオン銃 (GCIB) も備えています。



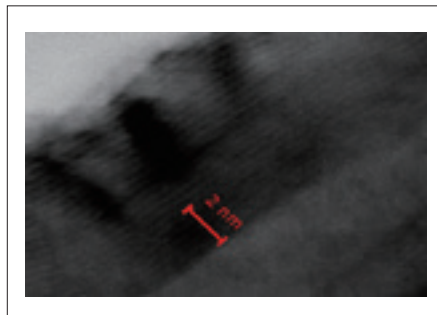
多機能走査型X線光電子分光分析装置(XPS)

## 走査電子顕微鏡群

数nmに集束した電子線で試料表面を走査し、発生した二次電子を検出して拡大像を得ることが可能な高性能の電子顕微鏡です。EDSによる微小領域の元素分析、高解像度走査透過電子顕微鏡 (STEM) 像の同時観察、結晶方位観察などに対応する2台の電子顕微鏡設備に加えて、二次電子像機能に加えて高分解能元素マッピングを行うEPMA専用機および微小電気計測機能を有するナノプローバーが運用されています。



電界放射型走査電子顕微鏡



多層カーボンナノチューブのSTEM像

## 走査プローブ顕微鏡群 (SPM)

原子間力 (AFM) やトンネル電流 (STM) を利用して、試料の表面形状をナノレベルの分解能でイメージングする装置です。液中での測定や、試料表面の磁化や電位の分布といった物性測定にも対応しています。



走査プローブ顕微鏡 (SPM)

## 分光分析装置群

物質の組成や構造の解析に加えて、光と物質の相互作用を解明する目的で多様な分光分析機器が設置されています。

## 顕微レーザーラマン分光光度計群

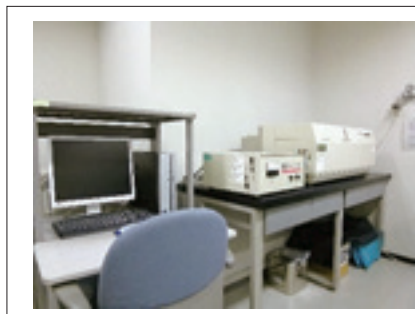
マイクロメートルスケールの微小領域のラマン分光により、材料の構造、組成および電子状態を解析することが可能です。多波長レーザー光源や3次元ステージを装備しています。



顕微レーザーラマン分光光度計

### 円二色性分散計

生体関連などの光学活性分子の円二色性を評価する装置です。



### フェムト秒Ti-Sapphire&蛍光寿命測定装置

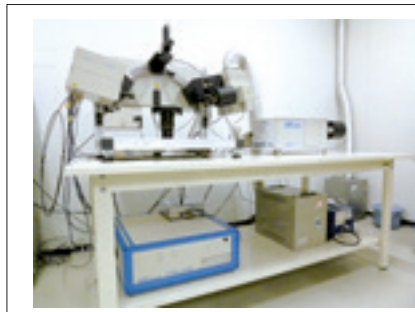
パルス幅100fsecの波長可変超短パルスレーザーと5psecの時間分解能を有するストリークスコープからなる蛍光寿命測定装置です。分子や半導体材料における電子励起状態や超高速の緩和現象を解析することが出来ます。室温から10Kまでの低温測定用にクライオスタットも備えています。



フェムト秒Ti-S&蛍光寿命測定装置

### 分光エリプソメーター

入射光と反射光の偏光状態の変化から薄膜試料の膜厚、屈折率、消衰係数などを高精度で評価する装置です。



## 精製・成膜・加工装置群

半導体をはじめとする多様な材料の薄膜化、加工および精製ための設備が配備されています。多くはクリーンルーム内に収容されています。

### 複合酸化物薄膜形成装置

複数の酸化物ターゲットに高電圧をかけてイオン化させたアルゴンガス等を衝突させ、弾き出されたターゲット材料を対向する基板上に堆積させることで様々な組成の機能性薄膜材料を作製する装置です。



複合酸化物薄膜形成装置



### 集束イオンビーム加工装置 (FIB)

集束したガリウムイオンを照射することにより、試料の微細加工ができる装置です。イオン照射時に生じる二次電子を検出して試料表面の像を得ることもできます。試料からTEMで観察する部分をピックアップするためのマイクロサンプリングシステムを装備しています。



集束イオンビーム加工装置

### 高純度金属スパッタ装置

白金、銅、金およびチタンなどの多様な金属薄膜をスパッタ法により成膜することができます。

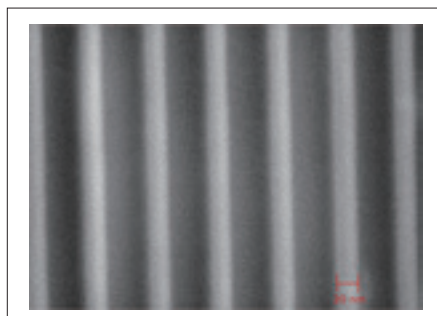


### TFE電子ビーム描画装置

極細電子ビームにより、10nmオーダーの超微細描画ができます。描画パターンの評価にSEMとしても充分活用できる観察機能も併せ持っています。



TFE電子ビーム描画装置



電子ビーム加工パターン (40nmピッチ)

### 縮小投影露光装置

マスクパターンの精密転写による微細パターン形成が可能な露光装置です。非接触で露光でき、段差があるものや割れやすい半導体素子、光素子等の作製に威力を発揮します。



縮小投影露光装置

## クリーンルーム

大気中に存在するゴミ・ホコリを超高性能フィルタで取りのぞいて清浄雰囲気下で物質の創成ができます。クリーン度はCLASS 1000です。レジスト塗布、マスクの位置合せ、露光、現像など微細デバイス作製に対応可能なイエロールームはCLASS 100レベルの清浄度です。特定高圧ガスを使用するマスク製作、酸化・拡散工程に対応した高圧実験室も設置されています。



クリーンルーム

## 個人用コンピューター

大学院学生およびスタッフに全学の高速ネットワークに接続されたPCが配布され研究データ解析や論文執筆、情報収集に活用されています。また、各PCから最新のジャーナルや化合物・文献検索システムにアクセスすることができます。

## マテリアル・シミュレーション・アナリシスシステム

"Gaussian"や"MaterialsStudio"といったシミュレーションソフトを使用して分子設計や分子の性質を予測したり、物質を構成する原子や分子構造が物質の特性や挙動にどのように関係しているのかを予測するための高性能なコンピュータシステムです。

# 教員索引

## 情報科学領域

教員名	ページ番号	教員名	ページ番号	教員名	ページ番号
Affeldt Reynald	38	河合 紀彦	22	畑 秀明	11
BRENDAN Michael	29	川鍋 一晃	31	花田 研太	24
Duong Quang Thang	19	神原 誠之	20	林 優一	14
Fall Doudou	13	木村 睦	8	原 崇徳	25
Garcia Gustavo	23	清川 清	22	日永田 智絵	26
Kim Youngwoo	14	久保 孝富	26	東野 武史	19
Kula Raula G.	11	久保 尋之	21	平尾 俊貴	12
Liew Kong Meng	18	黄 銘	28	福井 一彦	36
Mazen Soufi	27	小林 和真	39	福嶋 誠	26
Md. ALTAF-UL-AMIN	28	小林 泰介	24	藤川 和利	15
Md. Bozlul Karim	28	酒田 信親	22	藤村 友貴	21
Md. Delwar Hossain	13	笹部 昌弘	25	藤本 大介	14
Sakriani Sakti	17	佐藤 哲大	28	藤本 まなと	10
Tran Thi Hong	8	佐藤 佳州	32	藤本 雄一郎	20
新井 イスマイル	15	佐藤 嘉伸	27	船富 卓哉	21
荒牧 英治	18	佐藤 勇起	23	松田 裕貴	10
飯田 元	12	澤邊 太志	20	松原 崇充	29
飯田 秀博	28	品川 政太郎	17	松本 健一	11
飯田 龍	41	新谷 道広	9	宮下 敬宏	12
池田 和司	26	進藤 裕之	16	宮野 博義	33
石尾 隆	11	杉本 謙二	24	宮本 大輔	13
石濱 直樹	40	須藤 克仁	17	向川 康博	21
石山 壘	33	須山 聡	34	村井 昭彦	37
井尻 善久	35	諏訪 博彦	10	安本 慶一	10
磯山 直也	22	諏訪 正樹	35	矢田 竣太郎	18
市川 昊平	12	妙中 雄三	13	湯上 伸弘	42
井上 博之	13	高井 利憲	12	油谷 暁	15
井上 美智子	9	高橋 慧智	12	吉野 幸一郎	17
岩田 具治	30	高松 淳	23	吉本 潤一郎	26
上村 圭亮	27	多田 充徳	37	若宮 翔子	18
内山 英昭	22	田中 賢一郎	21	渡辺 太郎	16
大岩 寛	38	田中 沙織	31	和田 隆広	23
大内 啓樹	16	田中 宏季	17		
大下 福仁	9	田中 康	12		
大竹 義人	27	田中 佑典	30		
岡田 雅司	32	陳 娜	19		
岡田 実	19	張 元玉	25		
奥村 幸彦	34	張 任遠	8		
小野 直亮	28	鄭 育昌	42		
垣内 正年	15	趙 崇貴	23		
笠原 正治	25	鶴峯 義久	29		
檜原 茂	15	堂前 幸康	37		
片平 真史	40	富井 健太郎	36		
加藤 博一	20	鳥澤 健太郎	41		
門林 雄基	13	中島 康彦	8		
金谷 重彦	28	中村 哲	17		
河合 栄治	39	中村 優吾	10		



# 教員索引

## バイオサイエンス領域

教員名	ページ番号
Songkui Cui	69
安喜 史織	65
秋山 昌広	81
秋山 隆太郎	85
安達 広明	68
石田 靖雅	73
磯谷 綾子	80
市川 宗巖	84
伊藤 寿朗	66
伊東 広	72
稲垣 直之	86
稲葉 岳彦	76
稲葉 尚子	69
乾 将行	88
印東 厚	78
梅田 正明	65
遠藤 求	67
岡 千緒	73
岡村 勝友	77
織 大祐	75
加藤 晃	70
加藤 順也	74
加藤 壮英	62
金井 賢一	73
河合 太郎	75
川崎 拓実	75
北川 教弘	85
北野 健	84
木俣 行雄	82
國枝 正	64
久保田 茜	67
栗崎 晃	78
郷 達明	63
小鍛治 俊也	87
小林 和夫	81
小林 哲夫	72
小牧 伸一郎	62
西條 雄介	68
作村 諭一	87
笹井 紀明	79
島本 廉	77
清水 崇史	71
白川 一	66
末次 志郎	76
高木 博史	(81) 82
高田 仁実	78
高橋 直紀	65

教員名	ページ番号
高橋 望	67
館田 知佳	68
塚崎 智也	84
出村 拓	64
峠 隆之	71
鳥山 真奈美	72
中島 敬二	63
中田 未友希	64
中瀬 由起子	82
那須野 亮	82
西村 明	82
西村 珠子	76
馬場 健太郎	86
橋本 隆	62
別所 康全	85
松井 貴輝	85
松田 永照	73
嶺岸 卓徳	86
宮崎 亮次	84
宮島 俊介	63
両角 佑一	82
山口 暢俊	66
山崎 将太郎	70
由利 俊祐	80
吉田 聡子	69
吉田 昭介	83
和田 七夕子	66

# 教員索引

## 物質創成科学領域

教員名	ページ番号
Bermundo Juan Paolo Soria	104
Chanthaset Nalinthip	117
Pandey Manish	106
Swarit Jasial	119
Yalikun Yaxiaer	101
ラッペン ゲナエル	111
網代 広治	117
荒谷 直樹	110
安藤 剛	117
石河 泰明	104
上沼 睦典	104
浦岡 行治	104 (119)
太田 淳	103
岡部 高明	112
尾本 賢一郎	111
香月 浩之	100
加藤 匠	105
門多 丈治	114
叶井 正樹	108
上久保 裕生	116
河合 壯	109
河口 範明	105
北村 圭司	108
工藤 一弘	112
小島 広孝	106
小林 直也	115
後藤 和也	113
笹川 清隆	103
重城 貴信	102
高橋 雅也	114
武田 さくら	102
竹原 浩成	103
田代 洋行	103
田中 浩之	107
玉置 洋正	107
趙 ヨンユン	106
藤間 祥子	116
内藤 康幸	107
中内 大介	105
中嶋 琢也	109
中村 雅一	106
西野 智雄	111
橋本 由介	102
服部 賢	102
林 宏暢	110
春田 牧人	103
廣田 俊	115

教員名	ページ番号
藤井 茉美	104
藤井 幹也	118
船津 公人	119
古宮 哲夫	108
辨天 宏明	106
細川 陽一郎	101
本田 崇宏	112
真島 剛史	115
松尾 恭平	110
松尾 貴史	115
松下 智裕	102
水野 斎	100
宮尾 知幸	119
森本 積	109
安國 良平	101
安原 主馬	111
柳 久雄	100
柳田 健之	105
山崎 洋一	116
山下 淳	100
山田 壮平	101
山田 容子	110
山田 美穂子	109
山中 優	115
山本 真理	114
余語 克則	113
吉田 裕安材	117



国立大学法人  
奈良先端科学技術大学院大学  
NARA INSTITUTE of SCIENCE and TECHNOLOGY

詳しくはWEBで  
<https://www.naist.jp/>

奈良先端大

