

Laboratory Guide 2020

研究室ガイド

CONTENTS

ヒューマンライフデザイン領域

2

教 授 鶴木 祐史	コンピュータに耳と等価な機能をもたせる試みをしています	3
副学長 永井由佳里	「デザイン思考」で社会課題にチャレンジ	4
教 授 西本 一志	人をさらなる高みへ導く、創造・表現・伝達のための 新世代メディアの実現	5
教 授 林 幸雄	災害に強く日常的にも役立つ 近未来のネットワーク設計法を探ろう	6
教 授 藤波 努	心と体のあいだで知を探る	7
教 授 宮田 一乗	メディアの力で未来を楽しむ	8
准教授 金井 秀明	社会的課題や人の活動を支援する 〇〇〇支援システムの研究開発を行っています	9
准教授 キム ウニョン	ソーシャルイノベーション創出のための 学習プロセスをデザイン	10
准教授 佐藤 俊樹	Human-Computer Interaction を軸足に 「わくわくする体験」を探索しよう！	11
准教授 日高 昇平	認知を理解して知的システムを創造し、 知的システムに喩えて認知を理解する。	12
准教授 由井蘭隆也	私たちのコラボレーションを理解・賢くする ～創造性、場づくり、異文化協力～	13
准教授 吉高 淳夫	画像・映像処理とユーザインタフェースに関わる 広い範囲を研究しています	14

知識マネジメント領域

16

教 授 池田 満	人が知識を創造・獲得・共有するプロセスを 解明・支援する方法を創る	17
教 授 内平 直志	知識科学に基づく技術経営と サービスデザインの理論と実践	18
教 授 神田 陽治	最新のサービス事例の、“なぜ”を追求することで、 サービスの価値を理解する	19
教 授 佐藤 治	イノベーション実現に向けた研究・開発デザイン	20
教 授 敷田 麻実	地域再生の未来をナレッジの視点で研究する	21
教 授 橋本 敬	言語・コミュニケーション・社会制度を対象に 知識の創造・共有・活用を考える	22
教 授 ヒュンナムヤン	Knowledge Modelling and Decision Making	23
教 授 平石 邦彦	過去・現在・未来を知るための システム数理技術について学ぼう	24
准教授 伊藤 泰信	現場(フィールド)の手触りにこだわった研究をしています	25
准教授 姜 理恵	イノベーションを育むマネジメントを探索、 創造的イノベーション人材を目指そう	26
准教授 郷右近英臣	大量の災害情報を数理的に解析し、防災を最適化	27
准教授 白肌 邦生	サービスイノベーションを通じて社会をより良くしよう	28
准教授 ダムヒョウチ	データ解析のコンセプトを学んで 情報化時代における知識の獲得を楽しもう	29
准教授 水本 正晴	言語と心の論理的・経験的探究	30

セキュリティ・ネットワーク領域

32

教 授 青木 利晃	社会を支える重要システムの安全性・信頼性を 最先端の科学で実現する	33
教 授 井口 寧	次世代スーパーコンピュータの基礎技術を研究します	34
教 授 金子 峰雄	LSI は計算処理の現場。 先端 LSI のための回路技術と最適化技術を探索する！	35
教 授 クルスキーブライアン	BITS: Bits of Information, Transmitted and Stored	36
教 授 篠田 陽一	高信頼ネットワーク社会を目指して	37
教 授 丹 康雄	家庭環境で人々を支援する ICT システムの研究を 推進しています	38
教 授 藤崎英一郎	情報通信システムの安全性を数学的に証明する	39
准教授 石井 大輔	信頼できるソフトウェアを実世界に組み込む	40
准教授 鈴木 正人	複雑なソフトウェアの仕組みやはたらきを 視覚的にわかりやすく表現します	41
准教授 田中 清史	高性能コンピュータを作ろう	42
准教授 リム 勇仁	For Forthcoming Research on Wireless, Sensor and Energy	43
特任准教授 知念 賢一	サイバーレンジの自動構築や制御を研究しています	44
特任准教授 ベウランラズバン	ネットワークと人々の安全を確保	45
講 師 富田 亮	ソフトウェアの高安全化・高信頼化を目指して	46

知能ロボティクス領域

48

教 授 石原 哉	計算から論証へ	49
教 授 緒方 和博	状態機械をととして複雑な分散システムの核心に迫る！	50
教 授 小川 瑞史	理論を現実の問題に： 信頼できるソフトウェア、セキュアなシステム	51
教 授 ゲン ミンレ	Deep Learning, Natural Language Understanding, Legal Text Processing	52
教 授 チョン ナクコン	知覚認知情報処理に基づく知能ロボット実現を目指す	53
教 授 東条 敏	人間の思考はプログラム可能？	54
准教授 浅野 文彦	ロボットの効率的な運動制御を通して ヒトや動物の運動を深く知ろう	55
准教授 岡田 将吾	多面的にコミュニケーション・行動を理解する 計算モデルに基づいた社会的人工知能の実現	56
准教授 シェリマン グルゴリー	Algorithm design for the 21 st century	57
准教授 池 勇動	無人移動ロボットによる知的環境センシング技術の開拓	58
准教授 廣川 直	プログラミング言語と自動証明	59
准教授 ホ アンヴァン	材料の柔らかさを活かした次世代ロボットの開発	60
講 師 横山 啓太	数学の定理の難しさ・複雑さを理解する	61



世界をリードする先端研究



ヒューマンライフデザイン領域

人間情報学と知識科学の融合によるイノベーション創出で
人とシステムが協調する高度QoL社会をデザイン

■ 領域の概要

本領域の目標は、優しく魅力的で調和した「生き方」や「社会」を創生することにあります。その実現のために、①心理学・生理学・脳科学・認知科学等の学問に基づき人の精神・認知・身体等の生体的特性に関する基礎的知見を獲得すること、②人の生体的特性に関する知見に立脚しつつ、同時に人間としての社会性も考慮し、個人や集団による各種活動を支援・拡張する要素技術や応用技術を研究開発すること、そして、③これらの知見や技術を融合し、人と人あるいは人と物の複雑な関係性や相互作用の中における新たな人の生き方や社会システムのあり様（Human Life）をデザインすることです。これら3つの研究活動を通して、Quality of Life（QoL）向上のためのイノベーションを実現し、豊かで生きがいのある人類社会の構築と知識創造を目指します。

■ キーワード

知覚情報処理、インタラクション、認知・心理・行動、ヒューマンインタフェース、社会心理学、インタラクティブシステム、創造性支援、グループウェア、デザイン思考、メディアアート、生活科学、社会インフラ、介護支援、ネットワーク科学とサービス、イノベーションデザイン

■ 教育研究の方針

本領域は、知識科学研究科と情報科学研究科において人を対象とした研究を推進してきた教員が結集した融合領域です。本領域では、脳機能や知覚、認知などのプリミティブなレベルから、創造活動や社会活動などの高次レベルまで、知的生命体としての人の諸活動を取扱い、さらに研究開発した技術やアイデアの社会実証のレベルも視野に入れた総合的・学際的な教育研究を実施します。教育研究においては、いずれかのレベルの研究に軸足を置きつつもそのレベルだけにとどまるのではなく、デザインエンジニアとして技術の高度化のみならず人の活動全般に興味を持ち、多様な視座から見識を深め、これからの社会を切り拓くリーダーになることを期待しています。

■ 就職実績

(株)アイ・オー・データ機器、イオンリテール(株)、(株)SRA、(株)NTTドコモ、オムロン(株)、シャープ(株)、(株)スギヨ、(株)ソリッドレイ研究所、大日本印刷(株)、(株)大和総研、(株)博報堂アイ・スタジオ、(株)バンダイナムコエンターテインメント、(株)日立製作所、富士通(株)、三菱電機(株)、ヤフー(株)、ヤマハ(株)、楽天(株)、レノボ・ジャパン(株) 等



ヒューマンライフデザイン研究実践の例



コンピュータに耳と等価な機能をもたせる 試みをしています

研究を始めるのに必要な知識・能力

聴覚心理学・生理学、情報科学の知識やプログラミング技術、プレゼン能力を必要とします。これらは研究室独自のゼミを通じて皆で知識をつけ能力を伸ばしていきます。一番求められることは、音の研究が大好きで、やりたい研究をやり通す強い気持ちをもっていただくことです。

この研究で身につく能力

チャレンジングな研究課題に取り組むため、研究に関する専門性が非常に高くなります。また、研究課題に関係なく、共に研究活動を深めていくことで、論理的思考や豊かな発想をもつ能力が向上し、プレゼン能力・技術論文等の執筆能力が磨かれます。博士前期課程(修士)の学生は、与えられた問題を自力で解決する術を身につけるため、研究課題が変わっても広く対応することができます。博士後期課程の学生は、研究に関する高い専門性を有するとともに、広い視点から研究課題を洞察する力を持ち、自ら研究課題を発見してそれを解く能力を身につけることができます。基礎研究だけでなく、産学官連携を通じて応用研究まで視野にいられているため、将来はアカデミアの道に進むだけでなく、企業の研究・開発者としての道に進むこともできます。

【就職先企業・職種】 情報通信技術、音響機器、自動車関連企業など・システム開発研究職、研究職

研究内容

私達人間は、雑音や残響がある実環境において、いともたやすく狙った音を聴きとることができます。また、注意を誘導することにより、このような優れた能力をさらに発揮することができます。しかし、同じことを計算機上で実現することは非常に難しい問題です。もし計算機上に聴覚と機能的に等価な信号処理システムを構築することができれば、音声認識のための前処理や補聴システムといった様々な音声信号処理に応用することができます。鵜木研究室では、聴覚の優れた能力に着目し、聴覚的な音声信号処理の実現を目指しています。

*聴覚特性に基づいた信号分析

聴覚の主な機能は、音声信号を周波数分析すること(能動的な周波数選択性)です。この分析は、非線形処理であることが知られています。本研究室では、聴覚心理物理実験から聴覚の優れた周波数選択性の機能を解明し、その実験結果に基づいて、聴覚による信号分析と機能的に等価な聴覚フィルタバンクの構築を試みています。さらに、注意を考慮した周波数選択性の機能解明にも取り組んでいます。

*聴覚特性を考慮した音声信号処理

聴覚フィルタバンクを利用した音声信号処理の応用として、選択的音分離法(狙った音を聴きとる「聞き耳」モデル)や雑音残響除去法、変調伝達関数に基づいた残響音声回復法、骨導音声の明瞭度回復の研究を行っています。ここでは、非線形フィルタバンクとその後段の信号処理を確立することで、カクテルパーティ効果のモデル化にも応用することができます。

最近では、聴覚特性を熟知した上で音のセキュリティ対策に向けた研究にも取り組んでいます。例えば、図1に示すように、インターネットの普及に伴い、デジタル音コンテンツの著作権保護などが問題になっています。鵜木研究室では、「蝸牛遅延特性」というヒトの聴覚が有する特性を逆手にとって、著作権情報を聴こえないように音楽情報に埋め込み、それを検出する方法を開発し

ています。この方法は悪意あるユーザに埋め込み情報を破壊されず、容易に入手されないような工夫がなされています。



図1. マルチメディア情報ハイディングとその応用

主な研究業績

- Masashi Unoki and Zhi Zhu, "Relationship between contributions of temporal amplitude envelope of speech and modulation transfer function in room acoustics to perception of noise-vocoded speech," *Acoustical Science and Technology*, vol. 41, no. 1, pp. 233-244, Jan. 2020.
- Shengbei Wang, Weitao Yuan, Jianming Wang, and Masashi Unoki "Detection of Speech Tampering Using Sparse Representations and Spectral Manipulations Based Information Hiding," *Speech Communication*, vol. 112, pp. 1-14, 2019.
- 鵜木祐史, "雑音残響環境における音声伝送指標のブラインド推定法," *騒音制御*, Vol. 43, No. 2, pp. 80-84, 2019.

使用装置

聴覚心理物理実験装置
防音室・簡易防音室・簡易無響室
高速計算サーバー
室内音響測定装置

研究室の指導方針

鵜木研究室では、 π 型(二つの研究課題を柱とした)研究アプローチをとっています。一つは、聴覚機能解明に関する「聴覚科学」、もう一つは、音声信号処理に関する「情報科学」の研究です。二つをあわせて「聴覚的信号処理」の研究に取り組んでいます。この研究課題に取り組むために、主に輪講・ゼミを活用して、聴覚心理学、聴覚生理学、情報科学の分野を土台として、広く聴覚・音声・音響信号処理の知識を深めていきます。研究は一人で行うことが多いですが、私とはマンツーマンで、研究室メンバーとはともに切磋琢磨して、楽しい研究の時間を共有していきます。

【研究室HP】 URL: <http://www.jaist.ac.jp/~unoki/>



「デザイン思考」で社会課題にチャレンジ

研究を始めるのに必要な知識・能力

デザイン思考や創造的な問題解決には、あなたの感動や気づきが重要です。問題発見能力を磨き、分析力と構想力を高めましょう。自分の創造性を開花し、社会の課題に取り組むことが、キャリア形成に役立ちます。

この研究で身につく能力

新しいコンセプトを創出する力、企画や提案ができるクリエイティブマインド、それを実現させる計画力と実行力、さらには表現力と説得力が身につきます。ひとことで言うと「デザイン力」です。デザインは人間とモノやコトの関係を劇的に変えることができます。モノの機能やサービスのアイデアと人間の心をつなぐために調査・フィールド観察・実験を行います。その中で「仮説」を生成する力が自然に身につきます。デザインは、人間だからこそできる思考だといわれています。ぜひ、その力を高めましょう！

【就職先企業・職種】 メーカー、情報通信企業、デザイン系企業、研究開発職、クリエイティブ産業企画担当

研究内容

知識創造としてのデザインを研究しています。これまでにない新規な製品やサービスのアイデアを創出し、それを社会や市場での価値にむすびつけていくために、「デザイン」はたいへん重要な役割を担います。その謎にせまるため、研究は次の3つのアプローチで行います。

(1)理論的アプローチによる研究

認知科学を基礎に、人間の創造性や思考を研究し、コンセプト生成プロセスの解明を進めています。

(2)デザイン実践研究

様々な状況に応じた問題解決の方法としてデザインが期待されています。実際のデザインの現場で行われている様々な工夫を知るための観察を行います。実践している人が実は気付いていない問題など、分析して初めて分かることもあります(図1)。

(3)ワークショップ

デザイン現場(フィールド)が、大学の中にあったら理想的ですね。イノベーションデザインを目指して本格的な立体試作ができるワークショップでチャレンジしています(図2)。

例えば、いしかわ動物園で車椅子での散策支援ナビゲーションシステム開発やコミュニケーションゲームを展開しています。また、地域の農産物を用いた6次産業商品の開発や、新しいクラフトの提案など、デザイン知識を活用して、社会課題に取り組んでいます。

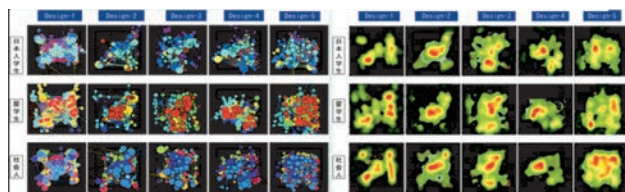


図1. アイカメラによる視線追跡でデザイナーとユーザの見方の違いを検証

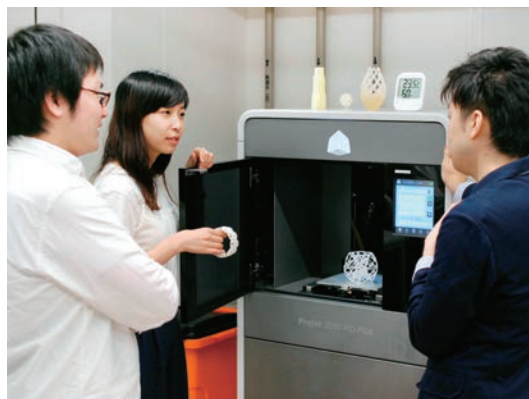


図2. 学生主体のイノベーションデザインワークショップ

主な研究業績

1. Critical Issues of Advanced Design Thinking: Scheme of Synthesis, Realm of out-frame, Motive of Inner Sense, and Resonance to Future Society, Yukari Nagai, in Creativity, Design Thinking and Interdisciplinarity, (Eds.) Frédéric Darbellay, Zoe Moody, Todd Lubart, Springer, in Printing, 2017/08/01
2. Ding Wei, Yukari Nagai, LiuJing and Guo Xiao; Designing comfortable Smart Clothing:for Infants' Health Monitoring, International Journal of Design Creativity and Innovation, 2018 doi:10.1080/21650349.20181428690
3. 近藤健次・永井由佳里、創造的になるための変容プロセス：mini-cに着目して、日本創造学会論文誌, Vol.21, 2018.

使用装置

3Dプリンタ&3Dスキャナー
アイカメラ等生体情報分析装置
JAIST Fab. (ワークショップ環境)

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/nagai/cgi-bin/Japanese/>

デザインは生き生きとした人間の創造性による活動です。学生の自主性を尊重しつつ、自由に研究に取り組むよう、世界水準の研究拠点として、常に社会を視野にいたした指導を行っています。一人一人の独創性を重んじていますが、研究室全体が一つのチームとして向上するように心がけ、プロジェクト型研究を進めています。



人をさらなる高みへ導く、創造・表現・伝達のための新世代メディアの実現

研究を始めるのに必要な知識・能力

研究を始めるために絶対必要なことはただ1つ：「自分がもっと創造的になりたい、もっと向上したい」という強い欲求のみ。持っている方が望ましい知識と能力は、プログラミング技術(言語は不問)と基礎的な統計検定の知識。ただし、いずれも入学後に十分身につけられます。

この研究で身につく能力

当研究室における研究活動を通じて身につく(つけて欲しい)能力は、主として個人やグループ、組織などにおける各種の(協調的な)創造活動を対象として、そこにおける問題を発見する能力と、その解決策を発想し実装する能力、そしてその解決策や実装したシステムやツールの有効性を実証する能力です。特に、常識的なアイデアではなく、逆転の発想のような「非常識的なアイデア」の発想力を身につけることを目指します。

これらの能力を獲得することにより、研究所や企業などにおいて、指示されたことを単にこなすだけの受動的な人材ではなく、常に自ら発想し、自らテーマを立案し、その現実的解決策を自ら構築できる、高い創造性と自主性を持った能動的な研究開発者になることができます。

【就職先企業・職種】主に ICT 系企業および Web 系企業における企画・研究開発職

研究内容

当研究室における研究活動は、一言で言えば「もっと創造的な自分になるための道具を創る」ことに尽きます。ここで重要なのは、創造的にする対象はあくまでも「人間」であることです。計算機を創造的にすることが目標ではありません。たとえば、特許や論文、絵画、音楽などを自動的に創作するシステムは、当研究室における研究対象ではありません。それらを創作するのは人間であるべきだというのが当研究室の信念であり、その人間の創作活動をより創造的にするためにあるべき道具を考案・実現することが、当研究室における研究対象なのです。

具体的な研究項目は、およそ以下の5項目に分類できます。

1) Creativity Mining 技術

自分がある種の創造的能力を持っていること、それ自体に気づいていない人が、世の中にはたくさんいます。そのような、人々の中に埋もれている創造的能力を発見し、発掘するための道具を創っています。

2) 創造活動のための Universal Media

自分が持つ創造的能力に気づいたとしても、その能力を自由自在に発揮することは、依然として困難です。我々は、その困難の原因として「既存の道具が持つ創造性発揮を妨げる障壁」があると考えています。このような障壁を発見し、これを軽減・除去することで、アマチュアからプロフェッショナルまで、万人が遺憾なく創造的能力を発揮できる道具を創っています。

3) インフォーマル・コミュニケーション支援メディア

インフォーマル・コミュニケーションとは、要するに「雑談」のことです。雑談は多くの場合は無駄話ですが、その中に「貴重な知識やアイデアの種」が含まれていることがあります。雑談が持つこのような有益な側面を強化し、雑談を知識創造の場にするための道具を創っています。

4) 既成概念を超越する新世代コミュニケーションメディア

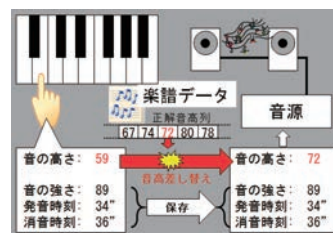
聖徳太子は、同時に10人の訴えを聞き、そのすべてに的確に回答した、という伝説があります。常識的にこれは不可能だと思われていますが、本当に不可能なのでしょうか？このような、従来は不可能だと思われていたり、そもそもやってみようと思わなかったような、新しい形態のコミュニケーションを可能とする道具を創っています。

5) 「妨害」による知的能力獲得の支援

便利な道具を作るためには、妨害の要素は除去されるべきものです。しかし、あえて妨害の要素を取り入れることで、多少不便かもしれないが、ユーザの知的能力を向上させることができる場合があります。このような妨害要素を取り入れた、知的能力向上のための道具を創っています。

音楽を対象とした創造活動のためのユニバーサルメディアの研究事例をひとつ紹介します。楽器の演奏の目的は、音楽によって創造的に自己表現することにあります。しかし、「楽譜通りに弾く」という、非創造的なのに

避けて通れない作業が障壁となり、自己表現の創造に到達しないままに終わるケースが非常に目立ちます。そこで、楽譜通りに弾く部分を計算機にほとんど任せてしまい、演奏者は自己表現の創造に直接的に取り組む事ができる新しい楽器 Coloring-in Piano(下図参照)を創りました。実験の結果、初心者でも、数十年のピアノ演奏経験を持つ演奏者でも、普通のピアノを用いるよりも早く、表現豊かな演奏を実現できることが確認されました。



主な研究業績

1. 生田泰章, 高島健太郎, 西本一志: 文書作成過程で削除された文章断片の効率的収集手段と活用可能性に関する考察, 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.12, pp.2299-2314, 2018.
2. 西本一志, 魏建寧: 漢字形状記憶の損失を防ぐ漢字入力方式, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.4, pp. 1207-1216, 2016.
3. Oshima, C., Nishimoto, K. and Hagita, N.: A Piano Duo Support System for Parents to Lead Children to Practice Musical Performances, ACM Trans. on Multimedia Computing, Communications and Applications, Vol.3, Issue 2, Article 9, 2007.

使用装置

防音室やグランドピアノ、多種多様な電子楽器などの音楽情報処理研究関連機器

協調活動の記録・分析環境

オフィスなどにおけるインフォーマル・コミュニケーション支援技術の実験環境

研究室の指導方針

研究テーマ設定については各学生の自主性を重んじます。自分が向上し、創造的になるためには、いったい何が必要なのかを、まさに自分自身の切実な問題として熟考・発案し、それを研究テーマとして設定することを求めます。その上で、そのアイデアを実装し、実際に使ってみることで、その有効性を評価検証することを求めます。修士1年次のゼミでは、テーマ設定のためのブレインストーミングを徹底的に行い、問題発見力と発想力を鍛えます。修士2年次のゼミでは、研究進捗報告を通じて問題解決力とまとめ力、プレゼンテーション力を鍛えます。

【研究室HP】 URL: <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/knishi/>



災害に強く日常的にも役立つ 近未来のネットワーク設計法を探ろう

研究を始めるのに必要な知識・能力

数学や物理はある程度は学んでグラフやネットワークを数理モデルとして理解できると良いです。また現実のネットワークを破壊して耐性等を測ることは出来ないで、コンピュータシミュレーションは必須となりプログラミング経験があるとより望ましいですね。

この研究で身につく能力

今世紀初頭に発見された知見「身近に存在する電力網、航空網、通信網、知人関係や企業間取引など、現実の多くのネットワークには共通性があり、しかも非常に脆弱であること」が分かるとともに、それに対する近未来に向けた解決方法を探ることから、社会イノベーションのあり方を考え学ぶことができます。ある程度の規模のシミュレーション実験を通じて、種々のネットワーク分析法、分散計算、サーバ管理などに関する能力も身につきます。

【就職先企業・職種】 情報通信系、Web データ分析、機械学習や最適化、社会イノベーション支援系、クラウドやデータセンター関連

研究内容

遺伝子や代謝系の分子生物学的なネットワーク、人工物である通信インフラや電力網などのライフライン、さらにメールの送受信や社会的な知人関係など、現実のネットワークには驚くほど共通の構造が存在するのは何故でしょう？

それは万有引力のように普遍的なネットワークの生成原理があるからです。実は「金持はより金持になる原理」に従って、自分に都合が良い相手とつながろうとする効率重視の利己原理から自然に出来てしまうのです。しかも残念ながら、そうした我々の身近にあるネットワークは効率的ではあるものの非常に脆いことも明らかとなりました。世界各地に頻発するゲリラ豪雨・豪雪や地震や洪水等において電力・通信・物流・交通などの社会インフラがいかに脆く、甚大な被害を蒙っていることか、何とかしなければならぬ大問題です。

次世代のネットワークをどのように設計構築したら良いのか？効率重視から脱却した全く新しい原理が求められています。そこで、社会的ネットワークインフラが効率性を損なわずより頑健となるデザイン方法に関して、以下の課題を中心に検討します。その際、原理的な基本メカニズムの解明や構築手順を示すアルゴリズムの開発のみならず、その社会的意義についても考えていきます。

(1) ネットワークの自己組織化

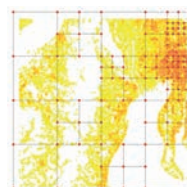
フラクタル物理やコンピュータ科学のアプローチに、生物のような自己組織化や自己修復ができて、自律した分権型組織のように強固なネットワークをどのように構築するかを探ります。

(2) 災害時における緊急通信網

実際の地理的空間上の人口分布、避難所や物流拠点、人々の通信要求、基地局や電源の配置、災害範囲や規模などに応じた具体的な対策を考えるためのシミュレーターを開発しながら、人的・物的なリソースの制約や配分も考えます。

(3) 分散計算や自律型組織

ネットワークシミュレーションに適したマルチコア計算サーバ上の分散計算法を検討します。そうした自律分散処理の考え方を活かしたチームによる効果的な課題解決法や、ソーシャルネット分析なども対象となり得るでしょう。



人口分布等に応じたノード配置と近接結合



同程度の次数を持つノードが結合した玉型構造による頑健性の向上

・年齢別人口や経済活動等に応じた情報流と物流の相互作用メカニズムの解明
・さまざまな被害状況の空間的な影響のシミュレーション



これらをイメージしやすいよう、以下の研究室の twitter も覗いてみて下さい。

<https://twitter.com/hashtag/%E6%9E%97%E7%A0%94?f=realtime&src=hash>

主な研究業績

1. Yukio Hayashi, A new design principle of robust onion-like networks self-organized in growth, Network Science 6(1), pp.54-70, Cambridge University Press, 2018.
2. Yukio Hayashi, Spatially self-organized resilient networks by a distributed cooperative mechanism, Physica A 457 pp.255-269, 2016.
3. Yukio Hayashi, Recoverable DTN Routing based on a Relay of Cyclic Message - Ferries on a MSQ Network, IEEE Xplore Digital Library FoCAS(Fundamentals of Collective Adaptive Systems) 2015, pp.37-42.

使用装置

実験室に二十数台の計算サーバ(コア数 200 程度, Xeron 等 搭載)

研究室の指導方針

複雑ネットワーク科学自体を研究している学部は皆無ゆえ、配属時は誰もが同じようなスタートラインに立つと考えられますが、新しい内容を自ら積極的に習得していかうとする姿勢や意欲が強く求められます。また修士では、教科書のような正解が存在する訳ではなく、未知の課題に対して解決策を見つけ出せるよう意識して下さい。自分のミッションを意識して取り組むことは企業社会等では必須です。その為、毎週あるいは隔週にゼミにて進捗報告会を行い、研究と言えどもある程度の計画性を持って取り組むことを体験的に学びます。但し、かつての XeroxPARC のような異分野の垣根を超えた挑戦を歓迎しています。

【研究室HP】 URL : <http://ds9.jaist.ac.jp:8080/>



心と体のあいだで知を探る

研究を始めるのに必要な知識・能力

長期の訓練と探究を経てひとつの技能を獲得した経験、それに伴って発達したであろう自己分析と創意工夫の能力が求められます。センサーを使ったデータ収集のためのプログラミング能力、および得られたデータを解析する技法を習得していれば有益です。

この研究で身につく能力

系統的に問題に取り組む方法。現象を観察して正確に記述する能力、その中から重要な点を見つけ出す能力、気づいた点を他の人にわかりやすく説明する能力。そこにはデータを収集して解析し、結果をわかりやすく提示することも含まれます。言葉にしにくいことに形を与えるのが我々の仕事であり、(一見)わけのわからないものに対して着実にアプローチしていく方法を学びます。

【就職先企業・職種】電機メーカー、自動車製造業など

研究内容

私たちは経験を通して体で覚える知識に興味を持っています。特に、「技」と呼ばれるものに関心があり、その特徴と習得過程を明らかにしようとしています。技には二つの側面があります。ひとつは動作が複雑で高度であること、もう一つは知覚や判断の能力が優れているという側面があります。前者については、陶芸の菊練りやサンバのリズムに乗って踊ることなど、伝統工芸や音楽を題材に取り組んでいます。後者については、認知症高齢者の介護を題材に、他者のニーズを感じ取る能力を明らかにしようとしています。

1. 身体知

陶芸における菊練り、サンバのリズムに乗ってステップを踏む(ダンス)、サッカーのドリブル、三味線のバチさばきなどを題材として、熟練者と初心者の動作がどのように異なっているのか、モーションキャプチャ装置などを使って調査しています。研究の成果はロボットの動作に応用したり、初心者が技能に習熟する過程を支援することなどに応用できると考えています。



動作解析の様子

2. 技能習得

人間はどのような過程を経て特定の技能を習得していくのかを明らかにしようとしています。多人数を対象として長期間、追跡調査を行っていく必要があるため、題材としてはサンバのダンスを取り上げ、近隣の高校などにご協力いただきながら習得過程を調べています。研究成果は技能習得支援システムの開発に結び付くと考えています。



ダンスのレッスン中

3. 認知症高齢者の介護支援

日本は超高齢社会に突入し、20年後には人口の2割以上が65歳以上の高齢者となると予想されています。また、認知症を患う人の割合も上昇し、概算では100人のうち2人が認知症高齢者となると予想されます。この問題に取り組むため、我々は良い介護とは何か、良い介護を実現するために必要な技術は何かを研究しています。



情報機器を用いた見守り

主な研究業績

1. 藤波 努、杉原太郎、三浦元喜、高塚亮三、屋内位置情報に基づく認知症高齢者の長期的行動変化の分析、社会技術研究論文集、vol. 10, pp. 42--53, 2013.
2. Ryuji Yamazaki, Shuichi Nishio, Kohei Ogawa, Kohei Matsumura, Takashi Minato, Hiroshi Ishiguro, Tsutomu Fujinami, Masaru Nishikawa, "Promoting Socialization of Schoolchildren Using a Teleoperated Android: An Interaction Study", International Journal of Humanoid Robotics (IJHR), vol. 10, no. 1, pp. 1350007(1--25), (2013).

使用装置

モーションキャプチャ装置
ハイスピードカメラ
人流センサー

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/~fuji/index.html>

ゼミ等は授業期間中、週に1度実施し、毎回1名か2名の担当者が研究の進捗状況を報告したり、興味のある論文の内容を解説したりしています。留学生もいるので言語は日本語と英語の両方を用い、適宜、発言内容を翻訳することで全員参加出来るよう工夫しています。質問の仕方、議論の仕方を学ぶのが主たる目的です。個人指導が中心であり、必要に応じて面談しています。研究の進捗状況にもよりますが頻度は月に1回から4回程度となることが多いです。研究テーマやアプローチは個性を尊重しています。



メディアの力で未来を楽しく

研究を始めるのに必要な知識・能力

ある程度の基礎体力(数学、物理、英語)とほんの少しの専門知識と旺盛な好奇心

この研究で身につく能力

CG技術はすでに生活の中に深く浸透している基幹技術でもあり、遍在した表現技術・インターフェイス技術としてさらに発展していくことでしょう。今後重要になることは、ごくあたりまえのものとして使われている技術を、どのような場面に応用して、人々の生活にどのように貢献していくか、を考え抜くことです。研究室では、技術偏重の教育ではなく、「人」の役に立つにはどうすればいいか、どのような問題があり、それをどのように解決するのか、の知識創造を重視した教育を目指しています。当然のことながら、技術そのものを学ぶことはできませんが、それ以上に、人間が生み出してきた価値を活かし、新たな価値を生み出すための学びの場を用意しています。多様性のある学びの場で、多くの人と接しながら自分自身を磨いてほしいと願っています。

【就職先企業・職種】電機、印刷、家電メーカ、ゲーム産業、インターネットサービス産業など

研究内容

CG、特にプロシージャル(手続き的)モデリングや質感表現に関心を持っています。また、メディア技術とセンシングデバイスの組み合わせによるインタラクティブな仕組みの開発にも興味を持っています。今までにない新しい表現手法を生み出すことを目的に、CG技術をコアにその周辺分野の知見を積極的に取り入れています。

(1) Visual Computing

プロシージャルモデリング、質感表現、アニメーション、ノンフォトリアルスティックレンダリング、画像処理などの研究を進めています。また、感性情報処理や制作支援などにも取り組んでいます。

例えば、図1は漆工芸に用いられる金箔および漆素材の反射率の計測データを用いた素材表現の例です。金箔の表現では、表面の微細な皺が質感を大きく左右します。図2は、手作業での制作に多大な時間を要する大量の幾何形状をプロシージャルに生成することで、制作支援を目指した事例です。

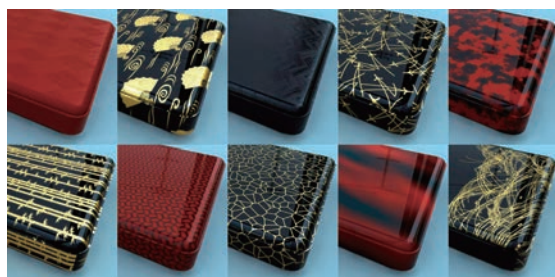


図1. 漆工芸品のビジュアルシミュレーション

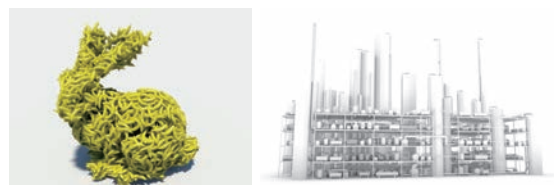


図2. プロシージャルモデリングの例

(2) Fun Computing

“Fun Computing”とは、人々を楽しませるためのメディア技術の応用法を意味する造語です。Fun computingは、退屈な作業や身体を動かすことへの動機づけになると考えています。

例えば、図3に示す「積み木キャッスル」では、体験者は現実世界で積み上げた積み木が、仮想世界でダイナミックに城に変化するという体験を楽しむことができます。図4の「かおさがし」は、身の回りにある顔のように見えるモノたちと遊ぶことができる作品です。図5の「風景バーテンダー」ではカクテルの材料を風景の要素とし、それらをシェーカで混ぜる事で風景のCGを作成する事が出来ます。

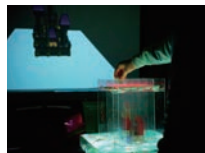


図3. 積み木キャッスル



図4. かおさがし



図5. 風景バーテンダー

主な研究業績

1. Kaisei Sakurai, Kazunori Miyata, “Modelling of Non-Periodic Aggregates Having a Pile Structure,” Computer Graphics Forum, Vol. 33, Issue 1, 190-198 (2014)
2. Haoran Xie, Kazunori Miyata, “Real-time simulation of lightweight rigid bodies,” The Journal of Visual Computer, Volume 30 Issue 1, 81-92 (2013)
3. Kazunori Miyata, Katsuhiko Umemoto, Takeo Higuchi, “An educational framework for creating VR application through groupwork,” Computer & Graphics, Vol.34, Issue 6, 811-819 (2010)

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/~miyata/LabHP/index.html>

検索エンジンを使えば、必要な情報を簡単に得られる時代ですので、情報を持っているだけでは意味はありません。自分の知識をどのように組み合わせ、新たな価値を生み出すかが重要です。研究室では、学生に「なぜそう考えたのか」「なぜそれがいいのか」を繰り返し問うようにしています。自分の頭で考える、アイデアを文章として残す、言葉として発することを繰り返し、質問やコメントなどのフィードバックを得て、より良いアイデアへと昇華していきます。批判されることを恐れずに、積極的に情報発信できる人物に育ってほしいと思います。



社会的課題や人の活動を支援する〇〇〇〇 支援システムの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

自ら、好奇心を持って、課題解決に取り組む姿勢を重視します。文系理系関係なく、「食わず嫌い」で、とりあえずやってみるという考えが大切だと思っています。できるだけ、情報工学や語学に対して、嫌いでないことを重視します。

この研究で身につく能力

研究課題ごとに修得できる専門知識についての種類は異なるが、共通して得られる能力としては、自ら、課題を見つけ、好奇心を持って、課題解決に取り組む能力が身につく。その結果、「食わず嫌い」で、とりあえずやってみるという考えで、物事に挑戦できるようになる。専門分野知識については、研究を進めながら、自ら未知の事項については学習し修得するなど、実践的な学習法を身につけることができる。これらの能力によって、修了後、社会に出て新たな課題を発掘した際、また課題に出会う際に、それらの課題により適切に対応することができるようになればと思います。

【就職先企業・職種】情報通信、IT ソリューション会社、製造業など

研究内容

私は、「人間の活動を支援するシステムの研究開発を通して、次世代のコンピューティング環境の実現を目指す」をモットーに、ソフトウェア技術手法の提案と、その実システムへの応用に関する研究を一貫して行ってきました。日常生活における様々な情報、モノ、状況への「気づき(Awareness, insight)支援」に基づく生活支援の研究を行ってきた。対象としては「モノ作り」、「情報探し」、「高齢者介護」や「コミュニケーション」支援に関して研究を行ってきました。

(1)「情報」への気づき支援によるモノ作り支援

設計・製造での設計情報の規格化(部品化)とその操作モデルによって、設計・製造各段階での設計情報間の関連への気づきを支援し、設計の上流工程を含めた設計・製造統合支援の実現を目指した。

(2)「情報」への気づき支援による情報探し支援

デジタル空間上の情報リソースを対象とする個人用電子図書館システムと、実空間の図書に対する図書推薦モデルに関する研究を行った。ユーザプロファイリングに基づいたユーザへの情報提示手法、情報視覚化、Personalization やフィルタリングに関する研究を行った。

(3)「モノ」への気づき支援による高齢者介護支援

認知症対応型共同生活介護施設(グループホーム)における認知症高齢者(入居者)と介護者を対象とした。グループホームでの様々なモノに対する「気づき」支援を対象とし、屋内のモノや人の位置情報を利用した「モノ探し支援システム」や「危険回避・通知支援システム」の研究を行った。

(4)「状況」への気づき支援によるコミュニケーション支援

離れた相手とのコミュニケーションを行う際に、相手の状況把握がある。状況への気づき支援として、相手の状況や行動を時間と場所に基いて、ページアンネットワークによって確率的に推定する。プライバシーや状況通知による負担を考慮し、推定した状況や行動に関連する効果音を用いて相手側に状況を伝達する。

現在、上記の気づき支援研究の他に、情報通信技術を利用して「個人や集団(コミュニティ)の改善」の研究を行っています。「個人や集団の改善」の研究では、個人や集団が持っている能力や機能を発揮・促進させるシステムの研究開発によって、個人や集団を改善行動させるという点を重視する。その結果として、より豊かな、

創造的なくらしの実現を目指すものです。「個人の改善」としては、生活習慣や行動改善である「癲矯正支援に関する研究」です。「集団の改善」としては、「近隣生活者コミュニケーション活性化およびコミュニティ形成支援に関する研究」や「食材の物々交換における信頼が交換相手の食材に対する安心感に与える影響」です。「多様な社会の実現」の一例としては、「健康者と障がい者の協同遊びを支援する共遊玩具に関する研究：universal plaything」を進めております。



図 視覚障害者と健常者との共同絵画支援システム

主な研究業績

- Hideaki Kanai, Toyohisa Nakada, Goshi Turuma and Susumu Kunifuji, "An Aware-Environment Enhanced Group Home", Revised Selected Papers from International Conference on Hybrid Information Technology (ICHIT 2006), Springer LNAI Vol. 4413, pp.425-436 (2007)
- 才野仁史, 金井秀明: 近隣住民間での食材の物々交換での交換相手に関する不確実性が与える影響, 情報処理学会論文誌 Vol.55, No.1, pp.230-243 (2014)
- Takafumi Higashi, Hideaki Kanai: Impact of Practice Effect on Each Difficulty of Cutting Skill, Proc.of ACM NordiCHI 2018, pp.904-909 (2018)

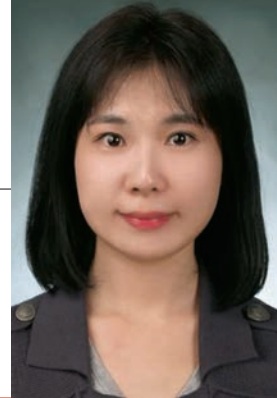
使用装置

ヘルスケア用センサ、MR デバイス、運動実験装置(スキージュミレータ、ランニングマシン、ロードバイク)

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/~hideaki/klab/index.html>

研究室では、基本的に、研究課題設定については学生からの提案を重視しています。学生が、自ら実践者として、問題に取り組むことが大切だと考えています。「自分の頭で考え、自分で行動する。そして、その結果に対して責任を持つことができる人」、そして、「目標に向かって、丁寧に粘り強く、愚直に努力を続け、やり抜くことができる人」になってもらいたいと思っています。ゼミ活動については、週一回の全体ゼミ(研究進捗、輪読や論文紹介)を行い、適宜、個人ゼミで研究について、より深い議論を行っています。



ソーシャルイノベーション創出のための 学習プロセスをデザイン

研究を始めるのに必要な知識・能力

学際的接近が必要な研究なので、既存の専攻分野に制限はないです。私たちの研究分野は、イノベーション科学、教育心理学、デザイン科学、経営学、ソーシャルイノベーションのための科学技術などです。ただし、自分の認知過程に対して深く省察して、自らの思考力で新しいアイデアを創出することを楽しむのが重要です。

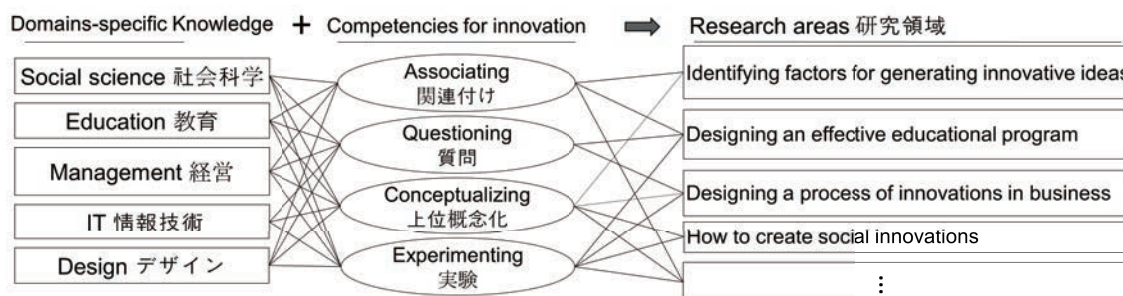
この研究で身につく能力

社会のトレンドと技術は、いつも変化するので、学校で学んだ知識が、卒業後数年が経過すると、古いものになってしまい使用できなくなるかもしれません。しかし、キム研究室の主な研究分野は、大学院での学位を取るための研究を越えて、卒業後社会に進出してどのようなマインドセットとどのような能力を持って生きて行かなければならないかについての根源的な質問に答えることができる研究者になれる魅力的な研究分野と考えます。

【就職先企業・職種】情報デザイン系企業、研究開発職、クリエイティブ産業、教育系など

研究内容

学生の知的好奇心を科学的な研究にするうえ、イノベーションを促進することに関する話題のほぼ全てを研究します。



例えば：

- Creativity and innovation: Flow, disruptive innovation, creative cognitive process, designing a tool for creativity, evaluation in new ideas, etc.
- Learning experiences 学習の過程と経験：Technology-aid learning, learning process, STEAM learning, content design, active learning, innovations in learning, motivation and teaching method, etc.
- Social innovations: regional innovation, utilizing technologies for minorities, creating a business ideas, etc.
- Way of working 働き方：knowledge management, group creativity, organizational learning, team-building, interactive flow, generation gap, etc.
- Economic life 経済的生活：Fintech, Consumer's behaviors in mobile service, etc.

主な研究業績

1. Kim, E., & Beuran, R. (2018). On Designing a Cybersecurity Educational Program for Higher Education, In *Proceedings of the 2018 10th International Conference on Education Technology and Computers*. ACM.
2. Kim, E. (2017). Workshop design for enhancing the appropriateness of idea generation using analogical thinking. *International Journal of Innovation Studies*, 1(2), 134-143.
3. Kim, E., & Horii, H. (2016). Analogical Thinking for Generation of Innovative Ideas: An Exploratory Study of Influential Factors. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 11, 201-214.

使用装置

Smart glass, Wearable Focus Sensor, Collaborative table screen, GPS tracker, workshop tools, etc.

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/kim/wordpress>

大学院生として本人が自律的に研究テーマを選択して責任感を持って研究を進めることをお勧めしています。毎週定期的にラボゼミをして研究の進捗状況について相談しています。(日本語・英語の両方を使用可能、博士課程の場合は、英語推奨)



Human-Computer Interactionを軸足に「わくわくする体験」を探求しよう！

研究を始めるのに必要な知識・能力

コンピュータやものづくりに対する深い興味と、「未来を自分の手で作っていきたい」、「人を楽しませたい」という高いモチベーション。そして楽しい研究やものづくりに没頭するための十分な時間。基本的に研究に必要な技術や知識については適宜勉強しながら身につけていくため過去の経験は問いませんが、異分野の様々な知識を持っている学生さんは大いに歓迎します。

この研究で身につく能力

Human-Computer Interaction (HCI)分野を軸足に専門的な考察を重ね、「実空間とサイバー空間をまたぐ革新的な体験」を提唱します。さらに、それらを最速で体験可能な実システムに落とし込み、速いペースで国際的な場での研究発表を行っていきます。これらの過程で、ゼロからアイデアを生み出して鋭く研ぎ澄ます能力、アイデアを具現化するソフトウェア・ハードウェアをまたぐプロトタイピング能力、研究の価値・ビジョンをわかりやすく表現し伝える能力、その他様々な能力を身につけることができるはずです。また、「研究の楽しさ」にも気づくことができるはずです。

研究内容

コンピュータの中にあるサイバー空間と我々の住む実世界との間には、まだまだ大きな壁があります。佐藤研究室では、HCI分野に軸足を置き、Computer Vision/Graphics技術をベースにコンピュータのインタフェースおよびディスプレイデバイスを拡張することでこの隔たりを解消し、「人と情報」・「人とモノ」・「人と人」との「より直接的な」対話を実現する新しい対話手法を提案する研究を行っています。

1) サーフェイス拡張技術の研究

長い間、「平面的で硬い」ディスプレイが一般的でした。文字や画像情報を提示するのに適した形状ではありませんが、立体的な形状を持つデータ(3DCGやキャラクター等)を表示する場合、「手で形状に触れられない」、「触っても硬い感触しかない」等の様々な制約が発生します。佐藤研究室では、ディスプレイの「表面(サーフェイス)」に着目し、サーフェイスに様々な「特殊能力」を持たせることで、従来のディスプレイではできなかった人と情報との「肌を介した」より直接的な対話を実現する試みを行っています(図1)。

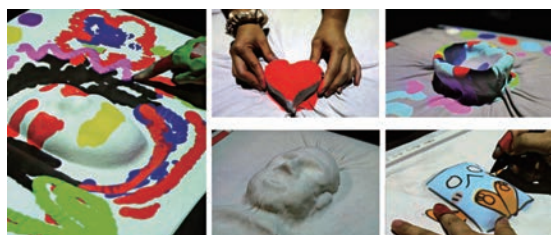


図1. 柔軟性を持つ視触覚ディスプレイの研究例

2) 全周囲プロジェクションディスプレイの研究

目の前に「高さのある側面」を持つ立体的な形状をしたディスプレイがあった場合、ただ周囲から眺めるだけではなく、直接手に取って触りたくなるはずです。佐藤研究室では、「手に取って扱う」ことに着目した様々な形状の新しい全周囲立体形状ディスプレイの提案と、それらのディスプレイとのより自然な対話手法を考える研究を行っています(図2)。

3) プロジェクションマッピング拡張のための基盤技術の研究

立体的な構造物に複数のプロジェクタから映像を投影し、グラフィックスと実世界を高い没入感で融合させた映像コンテンツが様々な場所で体験できるようになってきました。しかし、複数プ

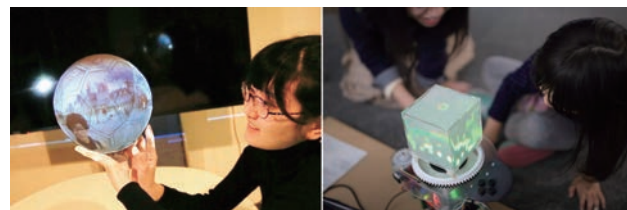


図2. 全周囲立体形状ディスプレイの研究例

ロジェクタの設置やそれらのキャリブレーションは容易ではなく、実現可能な環境やコンテンツも限られるという課題があります。そこで佐藤研究室では、これを解決する新しいプロカムシステムの基盤技術を提案し、インタラクティブなプロジェクション体験がどこでも実現可能になるような世界を目指しています。

4) エンタテインメント応用、連携等

佐藤研究室では、開発した新しい入出力技術を積極的に「人を楽しませる」システムに応用し、研究技術を楽しく世界に広める試みを行っています。さらに他大学(東工大・電通大・武蔵美大等)や企業と連携しながら、応用研究や研究実用化も積極的に進めています。

主な研究業績

1. Toshiki Sato, Dong-Hyun Hwang and Hideki Koike, "MlioLight : Projector-camera Based Multi-layered Image Overlay System for Multiple Flashlights Interaction", Proc. of ACM ISS2018, pp.263-271, 2018.
2. Shio Miyafuji, Toshiki Sato, Zhengqing Li and Hideki Koike, "Qoom : An Interactive Omni-directional Ball Display", Proc. of ACM UIST2017, pp. 599-609, 2017.
3. Toshiki Sato, Jefferson Pardomuan, Yasushi Matoba, and Hideki Koike, "ClaytricSurface : An Interactive Deformable Display with Dynamic Stiffness Control", IEEE Computer Graphics and Applications, Volume 34, Issue 3, pp.59-67, 2014.

使用装置

各種プロジェクタ、カメラデバイスをベースに、FabLab等を活用しながら様々なディスプレイ装置を自作します。

研究室の指導方針

佐藤研究室では、最初の目標として初年度での学会投稿、特に SIGGRAPH Emerging Technologies や Laval Virtual 等の著名な国際会議展示部門への挑戦を強く推奨しており、配属後の早い段階でのテーマ決定と最速での試作開始のために全力でサポートを行います。研究テーマは学生の興味や興味をベースに教員とディスカッション(雑談)を重ねることで決定します。日頃の趣味やこだわりが、面白い研究テーマに繋がるかもしれません。是非一緒に、JAIST で楽しく充実した研究生活を送りましょう！



認知を理解して知的システムを創造し、 知的システムに喩えて認知を理解する。

研究を始めるのに必要な知識・能力

本研究室で最も重視するのは、人の認知を探究する好奇心と、わからないことにまずは自らの力で取り組んでみる自立心です。加えて、線形代数などの基礎的な数学の素養や、プログラミングのスキル、あるいは認知・心理実験の経験、英語で論文を読む能力などがあると研究にスムーズに着手できます。

この研究で身につく能力

本研究室では、人の認知過程を調べるために、理論的あるいは実験的研究を行います。こうした認知過程の多くは、直接的に計測できるものではなく、理論・仮説・モデルを立てることを通じて、実験的に検討されます。従って、理論的研究に取り組む場合は、理論やモデリングだけではなく、実証的研究へとつなげるノウハウを、また実験的研究に取り組む場合でも、経験的な知見だけでなく、実験計画を組むための論理的な思考力を身につけられます。理論・実験の両面の思考力を身につけることで、一般企業に就職する場合にも、分野や業種を超えたコミュニケーションをするための素養が身につきます。

【就職先企業・職種】 ソフトウェア開発、情報通信・情報処理産業、研究開発、大学教員

研究内容

意味認知の理解に向けて

研究を含むあらゆる創造的な活動には、人の認知が関わっています。認知とは、心の働き・機能のことで、人類の発展の基礎には、個々人の「ものごとを理解し、創造する」認知が欠かせません。当研究室では、人がどのように意味を理解しているのか、その基礎的な認知過程を解明することを目的として研究を行っています。こうした研究は認知科学、人工知能、神経科学などの各分野をまたがって、理論的あるいは実験的に行っています。

認知の理解と知的システム構築

認知科学では、認知過程を情報処理システムとみなし、特定の機能を満たす情報処理の性質や、その具体的な計算手続きであるアルゴリズムを調べます。つまり、認知を理解する道具として、知的な情報処理システムを「創ってみる」という手段をとります。このプロセスでは、

- (a) 人の認知を学び、理解することで、未だ人工システムでは実現していない機能を創造する、
 - (b) すでに実現されている人工システムをモデルとすることで、それと機能的に同等な認知過程を理解する、
- という二つの研究の方向性が相補的な関係にあります。

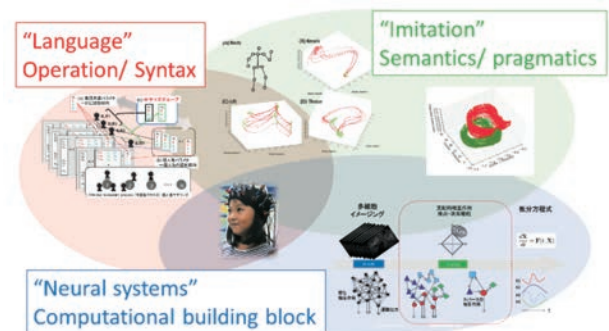
三つの研究の柱

本研究室では以下の三つの研究を柱としています（右図）。

- (1) 言語発達・語彙学習
- (2) 身体運動（行為）の認識・模倣
- (3) 情報処理の物理的基盤としての脳・神経系

【言語発達・語彙学習】人の固有の言語的な認知機能の解明に向けて、機械学習や統計的モデルの構築および、実験的な検討を行っています。

【情報処理の物理的基盤】脳機能を調べることで、情報処理システムを考える上での制約条件が得られます。脳機能計測データや神経活動の分析技法の開発や理論構築をしています。



【身体運動（行為）の認識・模倣】

人の模倣学習は、他者から様々な行為やスキルを学び、またそれを通じて意図を推定するための基礎となると考えられています。その基礎的なメカニズムの理解に向けて、人の身体運動の実験・計測・解析や、分析手法・理論の開発などを行っています。

主な研究業績

1. 日高 昇平. (2016) 情報の伝達から理解へ. 人工知能学会論文誌. 31(6).
2. Hidaka, S. (2016). Estimating the latent number of types in growing corpora with reduced cost-accuracy trade-off. Journal of Child Language, 43, pp 107-134.
3. Hidaka, S. (2014). General type-token distribution., Biometrika. 101 (4), 999-1002.

使用装置

モーションキャプチャ装置 (VICON)
視線計測装置 (Tobii eye tracker)
近赤外光脳機能計測装置 (fNIRS; 光トポグラフィー)

研究室の指導方針

学生の主体性を重視するため、各自が興味を持てる研究テーマや、自立的に研究に取り組むことができるテーマを設定します。研究室内の活動では、ゼミでの発表や議論を通じて研究を進展させ、基礎的な論理的思考を身につけます。ゼミ以外でも、各自の研究に直接には関わらない内容であっても、インフォーマルな議論を推奨します。積極的な研究への取り組みを推奨するため、一定の水準を超えた研究成果については、論文誌や国際会議での発表を目指して支援します。

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/shhidaka/>



私たちのコラボレーションを理解・賢くする ～創造性、場づくり、異文化協力～

研究を始めるのに必要な知識・能力

出身分野は理系、文系、工学系と制約しません。自らアイデアを考え、実践し、研究として挑戦する心と行動力が必要です。また、研究テーマに必要な能力を習得しようとする態度、先人の研究成果を尊重する態度も大切です。

この研究で身につく能力

人は社会的動物といわれ、個人ではなく、集団、組織で活動することで複雑な仕事・イノベーションを行うことができます。本研究室では、個人を超えた活動を支援するためのコラボレーション技術(電子会議システム、会議の方法論)を学べます。習得能力は研究テーマに依存します。システム開発を行いたい場合、システム設計・プログラミング開発能力(ネットワーク・Webプログラミング)を習得できます。また会議の方法論を検討する場合、会議技法や人間理解(観察・実験)の方法を習得できます。以上より、人間集団への理解を踏まえた情報システム・仕組み作りを検討する能力を修得でき、チームワークづくりに貢献できる人材として活躍できます。

【就職先企業・職種】 情報通信・情報処理産業、サービス産業、教育関係など

研究内容

インターネットを活用するコラボレーション技術の研究は、人間の知的活動を支援する研究(知性増幅 IA: Intelligence Amplification)から発展してきました。わたしたちのコラボレーションを賢くするために、人間集団の問題解決プロセスを支援するデジタル環境の設計・方法論を研究しています。そのため、人間理解を深める心理学・社会心理学・知識経営・技術経営・創造性研究から得られた知見を取り込みます。また、人工知能(AI)の成果を用いて人間の活動ログ・ソーシャルデータを理解し、人間支援に用いることも重要です。

研究の三本柱は3C (Creativity, Community, Culture)です。アイデア発想、人々の結びつき、異なる文化を理解・支援するコラボレーション技術が、人間中心のイノベーション基盤に貢献できると考えています。

以下に、近年の取り組みを示します。上記の主旨に合致するアイデアであれば、皆さんの柔軟・斬新なアイデアを歓迎したいと思っています。

・Creativity：創造性支援、発想法 <知識創造>

アイデア発想法として知られるブレインストーミングやKJ法を支援する情報システムの研究を行っています。KJ法は創造的問題解決・デザイン思考に必要な発散的思考、収束的思考、評価という3つの思考形式をもつため注目しています。大画面共同作業環境を使用することによって、数百枚の意見データを用いた会議を従来の紙面上より効率的に行えます。近年、ゲーミフィケーションを用いてアイデア発想のモチベーションを維持する研究を行うなど、日常的な創造活動支援に注目しています。

・Community：コミュニティ、場づくり <知識共有>

技術経営においてインフォーマルなコミュニケーションをよくとるチームほど技術開発がうまくいき、そのチームは30m以内に在るほうが望ましいことが知られています。これはインターネットが発達した今日でも当てはまります。本研究室では、遠隔地でも良好なチームワークを維持できるテレワーク環境を目指します。分散環境における円滑なコラボレーションを支援するために、組み込みPC、センサデータ、機械学習を組み合わせ、お互いの状態を理解、空気を読むことを支援するシステムを開発中です。

・Culture：異文化理解・協力 <異なる知識・価値>

グローバル化が進み、異なる文化背景をもつ人々の協力は重要です。そこで、情報システムなどを用いて、異文化理解・協力を進める研究を行っています。日本人とタイ人との異文化交流とタイ人同士の同文化交流との違いを自然言語処理(発話意図分析)で明らかにしました。またKinectセンサを用いて、プレゼンテーション中の身体・音声データを解析し、第二言語を用いた場合と母国語を用いた場合の違いを明らかにしました。異文化協力は次なる課題です。

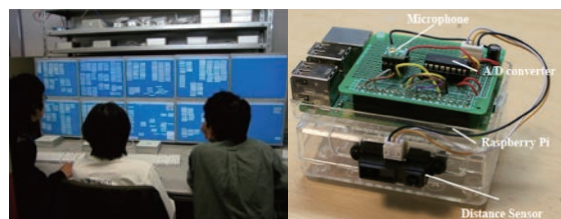


図 大画面共同作業環境やIoTセンサ

主な研究業績

1. 宗森 純, 由井蘭隆也, 井上智雄: アイデア発想法と協同作業支援, 共立出版, 2014.
2. Pimnapa Atsawintarakun, Takaya Yuizono, Investigating Communication Styles in Text-based CMC Using a Classification of Intention: A Comparison of Same-Culture and Different-Cultures Context, Journal of Intercultural Communication, Issue 42, 2016.
3. 古川洋章, 由井蘭隆也: ゲーミフィケーション要素を用いた継続的分散ブレインストーミング支援ツール, 日本創造学会論文誌, 2018.

使用装置

自作による新しいアイデアの具現化を歓迎!

ハードウェア装置: 大画面共同作業環境(分散システム制御)

ハードウェア装置: IoTデバイス(Raspberry Piなど)、3Dプリンタなど

ソフトウェア資源: 電子会議システム(KJ法支援システム)

ソフトウェア資源: 自然言語処理資源(言語グリッド, ALADIN)

研究室の指導方針

本研究室では、学生が主体・創造的に問題解決できる能力を体得することを目指しています。

そのため、研究テーマは「情熱をもてること」、「楽しめること」、「重要であること」を基準として、学生と相談し、決定したいと思っています。なお教員の専門に近いテーマであるほど、専門知識が提供されます。また毎週、研究の進捗を報告するゼミを行います。その場では、1週間、研究に対して行った取り組みを報告・対話することを原則として義務付けています。

是非、学術研究を通して「自らの可能性を育てる力」、「自らの目標をやり抜く力」を習得しましょう。

【研究室HP】 URL: <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/yuizono/>



画像・映像処理とユーザインタフェースに関わる広い範囲を研究しています

研究を始めるのに必要な知識・能力

画像処理、人の視覚システム、ユーザインタフェースに関する基本的理解に加え、C++ などによる画像処理プログラミングの能力が必要です。取り組む研究テーマにより必要な知識・能力は異なります。これらに関する知識・能力を事前に習得しておくことは必須ではありません。

この研究で身につく能力

主に C++ を用いた画像処理、ユーザインタフェース実装に関するプログラミング能力、人の振る舞いや視覚システムを考慮したユーザインタフェースデザインと実装法、画像解析システムに関する問題の認識と解決に関する論理的思考力が養われます。また、研究活動の過程で日本語論文だけでなく英文ジャーナルや海外主要国際会議で発表された論文の調査、理解も必要となりますので、英語論文の読解力の向上や、さらには留学生との研究ディスカッションを通じて技術英語力が向上することが期待できます。また、研究テーマの内容にかかわらず、論理的思考力、課題認識能力、問題解決能力が養われます。

【就職先企業・職種】情報機器メーカー、自動車関連企業、ソフトウェア開発企業など

研究内容

私たちが接する画像／映像情報の量は年々増大しており、大量の情報の中から必要な情報を的確に探し出す技術の重要性はますます高まっています。また、映像制作の非専門家である一般の人々がビデオカメラやスマートフォンなどを使用して映像を記録し、それを映像共有サービスを通じて多くの人々と共有することも一般的になっています。人は多くの情報を視覚から得ていますが、例えば画像検索システムなどは計算機側の都合に合わせた処理の結果を出力しているものも多く、画像／映像情報に対して人が認識する意味・内容のレベルや感性に合わせたものには必ずしもなっていないのが現状です。人の知的活動を助け、その質をより高くすることに貢献する画像／映像処理システムを確立するためには情報に対する人の見方、あるいはとらえ方に沿った情報処理モデルに基づくシステムが求められています。本研究室では、このような視点に立ち、画像・映像解析処理やそれに関わるインタフェースの研究を進めています。

研究室では3つの「変える(進化させる、向上させる、より使いやすく人の感性に合致したものにする)」を掲げ、研究を進めています。

1. 画像・映像のアクセス環境を変える

映像には様々な情報が含まれており、人が映像を見て受け取り、あるいは感じ取るような情報を計算機によって検出するためには、人の映像認識とは違ったアプローチをとることが有効なこともあります。映像に対して人が受ける印象や雰囲気といった情報、すなわち感性情報を抽出し、それを映像要約や映像内容の可視化、あるいは内容検索に応用する研究を進めています。

2. 映像を創る環境を変える

小型ビデオカメラなどの普及で映像撮影が身近になり、一般の人々が映像情報をアップロードし、それを共有するサービスも広く利用されています。映像制作に関する専門的な知識や技術を持たないユーザにより撮影・編集された映像は、しばしば意図したものとは異なるニュアンスを含む感性情報を伝え、映像の作り手と受け手の間の確かなコミュニケーションを妨げる要因となっています。このような問題を解決するために、適切な感性情報表現を助ける技術として、撮影支援、編集支援に関する研究を進めています。

3. 映像と人とのかわり方を変える

人が画像／映像情報を見たときの興味対象や興味の深さに関する情報を人に余分な負荷をかけない形式で計算機システムに伝えることができれば、より効果的な情報検索や情報推薦が可能です。人が画

像／映像情報を取得する際の視線情報や眼球運動からこれらの情報を取り出し、それを情報検索や情報推薦に応用する研究を進めています。



映像からカメラワークを検出し、それに伴う感性情報を判別するシステム

主な研究業績

- Ngoc Nguyen and Atsuo Yoshitaka, "Human Interaction Recognition Using Hierarchical Invariant Features," International Journal of Semantic Computing, Volume 09, Issue 02, pp. 169-191, 2015.
- Atsuo Yoshitaka, Shinobu Chujyou, and Hiroshi Kato, "Improving the Operability of Personal Health Record System by Dynamic Dictionary Configuration for OCR", Knowledge and Systems Engineering, Advances in Intelligent Systems and Computing Volume 326, Springer, pp 541-552, 2015.
- Dinh-Luan Nguyen, Vinh-Tiep Nguyen, Minh-Triet Tran and Atsuo Yoshitaka, "Deep Convolutional Neural Network in Deformable Part Models for Face Detection", Proc. 7th Pacific Rim Symposium on Image and Video Technology, 2015.

使用装置

視線検出装置(Nac, Tobii)

映像撮影、編集機器

学内クラスタ計算機

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/yoshitaka-lab/>

学生が取り組みたいと考える分野、内容を尊重して研究テーマを決めています。ゼミではお互いの研究テーマについて活発にディスカッションすることを促し、各自の研究方針や研究内容のまとめ方を第三者の視点からも認識してもらい、常に研究の内容や完成度をブラッシュアップするよう促します。向上心溢れる学生に対してはそれに応えるだけの指導を積極的に進め、例えば、英文ジャーナルあるいは国際会議への論文投稿を奨励し、英語での研究成果発表、ディスカッションが十分にこなせることを目標の1つとしてサポートしたいと考えています。

知識マネジメント領域

知識科学に基づきイノベーションデザインの
教育・研究を行う文理融合領域

■ 領域の概要

人とモノと計算機が、IoT (Internet of Things)でシームレスに繋がるグローバル社会では、もっとも重要な「経営資源」は、お金でも、土地でも、天然資源でもなく、人間の「知識」です。JAIST は「知識社会」の到来を見越し、世界に先駆けて知識科学を確立してきました。本領域は、知識科学に基づき、個人・組織・社会における知識創造を教育・研究する文理融合の領域です。「知識とは何か?」「知識はいかに創られるか?」「知識をいかに活用するか?」を学問的に深く探求すると同時に、現代社会の様々な実問題を分析し、技術・サービス・地域のイノベーションをデザインし、実装できる能力を持つ人材を育成します。

■ キーワード

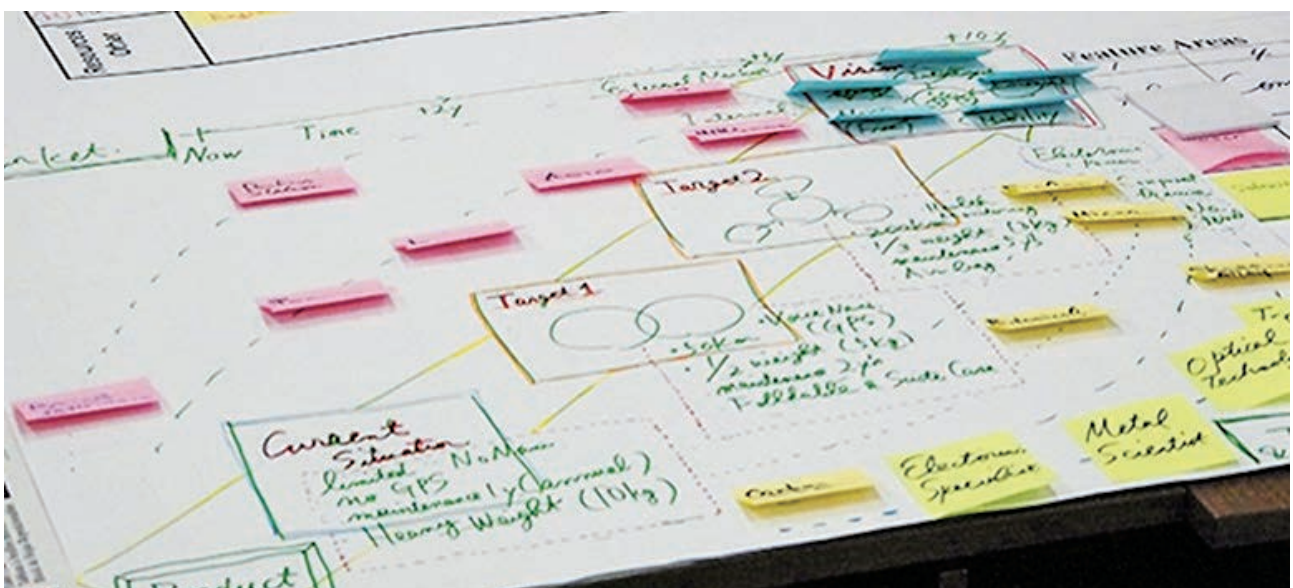
サービス科学、システム科学、データマイニング、説明可能な人工知能、エスノグラフィ、マーケティング、意思決定、社会シミュレーション、複雑系、言語・コミュニケーション、実験哲学、学習科学、ナレッジマネジメント、知識経営、技術経営、地域経営、コンサルティング、観光・医療・介護・教育サービス

■ 教育研究の方針

本領域は、イノベーションデザインに必要な3つの要素、①問題やデータを分析し、課題を設定しアイデアを創造する「データ分析・創造手法」、②それを具体的なシステムやサービスとしてデザインする「システムデザイン手法」、③最終的にビジネス化／社会実装する「マネジメント手法」の最先端研究を行うとともに、体系的な教育と実践を通じて「データ分析・創造力」「システムデザイン力」「マネジメント力」を併せ持つ知識社会のイノベータを育成します。社会人学生が多い点も本領域の特徴で、社会や企業の現実課題に根差した理論と実践を追求します。

■ 就職実績

アイシン精機(株)、イオンフードサプライ(株)、石川県庁、(株)NTT データ SBC、(株)NTT ドコモ、(株)加賀屋、グリー(株)、クレイア・コンサルティング(株)、(特非)SCOP、凸版印刷(株)、西日本電信電話(株)、(株)日本総合研究所、日本電気(株)、能美市役所、ハタブネコンサルティング(同)、(株)日立製作所、(株)日立マネジメントパートナー、ヒューチャーアーキテクト(株)、富士通(株)、(株)富士通北陸システムズ、三谷産業(株)、三菱自動車工業(株)、楽天(株)、(株)リクルートライフスタイル、(株)ローソン 等



ロードマッピング（知識科学の方法論の例）



人が知識を創造・獲得・共有する プロセスを解明・支援する方法を創る

研究を始めるのに必要な知識・能力

知識を構成する概念を峻別すること、認知活動を支援することに関心があり、実践研究を通じて知識の創造・共有プロセスを解明することへの意欲が重要です。知識工学・教育工学・認知科学の基礎、プログラミングスキルを習得していることが望ましいですが必須ではありません。

この研究で身につく能力

医療現場(病院・大学医学部)・福祉行政(県・市・町)・教育現場(企業・大学)・地域コミュニティ(NPO/住民ボランティア)などのフィールドでの実践研究を通じて、知識工学・サービスサイエンス・教育工学・認知心理学に関する理論的知識を学び、実践に必要なコミュニケーション力・計画力・実行力を身につけ、それらを総合的に活用して問題を解決する力を身につけることができます。このような、知識科学・サービスサイエンスとして身につける能力は、学部で身につけた専門性(例えば、情報科学・経営学・物理学)とは一見すると無縁に感じますが、社会で専門能力を活かすうえで不可欠な能力です。いま、多くの組織が、自らの専門性を発揮した実践を知識へと昇華させ、社会の中でその知識の価値を高めることができる人を渴望しています。

【就職先企業・職種】電気通信企業、経営コンサルティング、大学教職員

研究内容

知識科学に基づくサービスサイエンスの研究では、サービス関係者(サービスを受ける人、サービスを提供する人)の個人・集団・組織について、どのようにサービスが創出・提供・消費・改善されるのか(プロセス・コミュニケーション)、どのように価値が造られて共有されるのか(価値共創)、サービスを生み出す主体はどのような知識・能力を持っているのか(知識・スキル)、の解明からはじまり、それをモデル化(オントロジー工学)し、支援する方法を開発(教育モデルの構成・情報システムの開発など)し、それらの成果を医療現場(病院・大学医学部)・福祉行政(県・市・町)・教育現場(企業・大学)・地域コミュニティ(NPO/住民ボランティア)などのフィールドでの実践を通じて検証します。

このような研究プロセスの特長は、サービス・知識という曖昧・抽象的概念を知識科学・オントロジー工学の表現力を用いて「見える化」し、知識創造・継承・共有の基盤にすることです。オントロジー工学を基礎にすることで、社会にある実問題にアプローチしつつ、その成果を普遍性のある知識へと昇華させることができます。より具体的には、医療・教育・災害対策などの公共的サービスを対象として、思考に関わる理論(メタ認知・教育学の理論・認知心理学)を基礎として、サービス創造知識をオントロジー工学を用いてモデル化し、支援システムを開発する研究活動を行っています。研究の一例を右の図に示しています。患者中心医療、チーム医療をどう進め、看護師のバーンアウトを抑制するにはどうしたらいいか?という問題にアプローチするために、看護思考法教育プログラムを実証的に構成する研究です。この研究を通じて、メタ認知・批判的思考の能力を身につけることが、問題解決の糸口の一つになることがわかってきました。医療分野では、この他に、医療情報システム(電子カルテ)を用いた知識共有に関する研究、医療安全に関する研究などを行っています。また、最近、近隣の市町村と連携して、地域での高齢化社会の相互扶助コミュニティ形成・防災教育に関する研究も進めています。今後も、このような知識科学を基礎にしたサービスサイエンス研究の幅を広げていきます。

研究室の学生は、修士論文研究では、このような研究プロセス

の一部について、問題の定式化と解決に取り組み、博士論文研究では、全体のプロセスについて問題発見・問題定式化・問題解決に取り組んでいます。

学術活動は、人工知能学会、教育システム情報学会、教育工学会(それに対応する国際学会)を中心に研究成果を発表していますが、今後は、医学教育システム学会・サービス学会など、より現場に近い学会での活動の幅を広げていこうとしています。



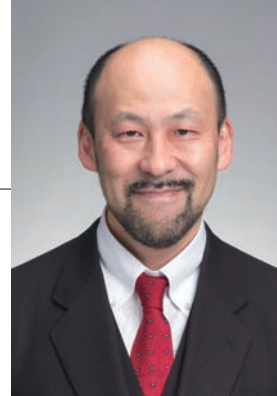
主な研究業績

1. 医療サービス実践知の共有支援に向けたオントロジーの構築と利用 - クリニカルパスに基づく医療ワークフローのモデル化とその実践知獲得インタビューでの利用、小川、山崎、池田、他、人工知能学会論文誌、461-472 (2011)
2. 初学者の研究関心の表現媒体と分析手法、中沢正江、池田 満、日本教育工学会論文誌、pp. 343-351、(2011)
3. 避難時の心得における挿絵と説明文の対応関係について、桑原健悟、田中孝治、池田 満、堀 雅洋、日本災害情報学会第16回研究発表大会、pp.186-187、2014【日本災害情報学会優秀ポスター賞「阿部賞」受賞】

研究室の指導方針

【研究室HP】URL : <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/ikeda/cgi-bin/wiki/wiki.cgi>

サービスサイエンスは新しい研究領域ですが、知識科学の応用領域としてとても魅力的です。特に、知識創造・共有に関わる課題が現場に山積していて、それを解決するためには新しい認知活動に関するアプローチが必要とところが特徴的です。このことを踏まえて、実践研究を重視した指導を行います。また、研究現場から自分の研究活動を通じて一段上の視点から常に見直して、より価値のある新しい知識を生み出すにはどうしたらいいのか?ということについて考えることは、研究成果をあげるうえでも、汎用性の高い思考スキルを身につけて、成長においても大切なことです。このために、ひとりひとりが、根拠に基づいて、論理的に、主体的に考えること、研究室内ではもちろん、研究室の境界を越えて、学会・実践現場などでの他者との交流を通じて知識を共創し、洗練することを大切に指導します。



知識科学に基づく技術経営とサービスデザインの理論と実践

研究を始めるのに必要な知識・能力

研究室ゼミでは、各メンバーが英語の学術論文を2週間に1本のペースで紹介します。英語力だけでなく論文の内容を論理的かつ正確に説明できる能力が必要です。また、気づきプラットフォームの研究では、ある程度のソフトウェア開発・Web サーバー管理の知識が必要です。

この研究で身につく能力

革新的製品・サービスシステムのデザインと研究開発マネジメントを実践できるイノベータになるための知的基盤が身につきます。現在は、与えられた問題をうまく解く能力(与えられた要求仕様を満たすシステムを与えられた期間とコストで開発する能力)に加え、潜在的な課題やニーズを明らかにし、新しいシステムをデザインする能力が求められます。本研究室での研究活動を通じて、イノベーションやサービスをデザインする能力を鍛えることができます。企業経験の長い教員や社会人学生と共に具体的な事例を通じて培った知識や能力は、企業に入ってから様々な場面で生かすことができると確信しています。

【就職先企業・職種】 システムソリューションエンジニア、サービスデザイナー、コンサルタント

研究内容

グローバルで競争の激しいマーケットにおいて、新しい価値を創造し、収益に貢献する製品・サービスをどのように生み出していくかは、企業経営の大きな課題です。本研究室では、革新的製品・サービスのシステムデザインと研究開発マネジメントを、効果的・効率的に行うための知識創造・知識継承の手法と支援ツールの研究開発および産学連携による実践を行っています。具体的には、以下の4つの研究テーマに注力しています。

(1)IoT 時代のイノベーション・マネジメント

あらゆるモノがネットワークに繋がる IoT (Internet of Things) の時代を迎え、製造業に新たなイノベーションの可能性が広がっており、産業界の期待も大きい。そこでは、リアルなモノと仮想世界を結びつける Cyber Physical System (CPS) が重要な役割を果たしています。しかし、CPS による製造業のイノベーションの実現には、様々な困難が想定されます。本テーマでは、CPS による製造業のイノベーションの機会と困難を明らかにし、IoT 時代の日本のイノベーションマネジメントおよびイノベーションデザインのあり方を社会人学生(技術・サービス経営分野)を含む産学連携で提言します。

(2)グローバルプロジェクトマネジメントの知識継承

研究開発プロジェクトや情報システム開発プロジェクトにおいて、プロジェクトの失敗を未然に防止し、成功確率を高めるためには、過去のプロジェクトの経験知識を現在のプロジェクトのマネジメントに生かす「プロジェクトマネジメントの知識継承」が有効です。特に、企業のグローバル化が進んでいる現在においては、日本と海外の拠点を繋ぐグローバル研究開発やオフショアソフトウェア開発のプロジェクトマネジメントの知識継承がホット 이슈です。本テーマでは、インドを含む海外の大学や企業とも連携して研究を進めます。

(3)製造業のサービスデザイン手法

グローバルで熾烈な競争環境に置かれている製造業において、製造業のサービス化の必要性が言われて久しいが、実際にサービス

化を行う場合には多くの困難があります。本テーマでは、製造業のサービス化の機会と困難を可視化し、製造業のサービスをデザインするための具体的な手法を提案するとともに、具体的な事例に適用し、手法の洗練化を行っていきます。

(4)サービスのための気づきプラットフォーム

「気づき」は良いサービスの出発点です。従来なら消えていた「気づき」を音声つぶやきにより簡単に補足し、それをチームで活用することで、看護・介護・保守・接客に代表される状況適応・行動型サービスの効率と質を高めることができます。本テーマでは、本研究室が産学連携プロジェクトで開発した「音声つぶやきシステム」を用いて、気づきの収集と活用で、組織のサービス能力を高める組織学習手法および支援ツールの研究開発を行います。

主な研究業績

1. Service Innovation Structure Analysis for Recognizing Opportunities and Difficulties of M2M Businesses, Naoshi Uchihiro, Hirokazu Ishimatsu, Yoshiaki Kageyama, Yuji Kakutani, Kazunori Mizushima, Hiroshi Naruse, Shigeaki Sakurai, Susumu Yoneda, Technology in Society, Vol. 43, pp.173-182, 2015.
2. 音声つぶやきによる気づきの収集と活用で看護・介護サービスの質を向上する, Vol.1, No.2, 2014, 内平直志, サービスロジー, 1, 2, 14-17, 2014.
3. Analysis and Design Methodology for Recognizing Opportunities and Difficulties for Product-based Services, N. Uchihiro, Y. Kyo-ya, S. K. Kim, K. Maeda, M. Ozawa, K. Ishii, Journal of Information Processing, 16, 13-25, 2008.

使用装置

音声つぶやきシステム

技術のニーズやシーズを分析するためのデータマイニング、テキストマイニングツール

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/uchihiro/index-j.html>

技術経営やサービスデザインの重要かつ興味深い課題に対して、企業の具体的な事例研究、アクションリサーチ、および実験室実験を通じて研究を進めます。ゼミは週2回のペースで開催し、研究報告、英文学術論文紹介、話題の本の紹介を持ち回りで行います。2週間に1回程度の英文学術論文紹介はハードですが論理的思考力を養うために有効であり、知的体力が付きまします。また、JAIST 技術・サービス経営分野(東京サテライト)の社会人学生とも積極的に交流する場を設けており、実社会の課題やニーズを肌で感じられることも本研究室の大きな魅力の1つです。



最新のサービス事例の、“なぜ”を追求することで、サービスの価値を理解する

研究を始めるのに必要な知識・能力

しっかり筋が通った、説得力がある文章が書けることが出発点となります。書籍を読むことが苦にならないことも好ましいです。身の回りのニュース等から、自分の感性でおもしろいな、と思うものに気付く習慣があれば、なお良いです。それが研究の出発点となります。

この研究で身につく能力

根源に遡って“なぜ”を追求する研究体験を通して、本質的な質問を投げ掛け続ける能力が身につきます。21世紀の知識社会で生きるためには、自分なりの疑問を出発点に、解くに値する本質的な質問にまで持ち上げる、「解決を見通す力」が何よりの助けとなるでしょう。社会に出れば、周囲の人をうまく巻き込んで行く能力が、いろいろな局面で要求されます。コミュニケーション能力やリーダーシップも必要ですが、それだけでは人はついて来てくれません。社会では、難しくは無いが利害関係者が多く、人を動かすことが必要となる問題が普通です。そして、人を動かすためには、本質的な質問を投げかけ、人々の意識を問題に向けることが有効です。自分の問題となったとたん、人は率先して動き始めます。

【就職先企業・職種】 情報通信業、サービス業、製造業

研究内容

サービスの時代だと、言われています。情報通信技術の発展が、サービス化の流れを一層加速しています。コンピューターの普及は、世界をフラット(FLAT)にしました。20世紀までは貿易とは、物を国から国へ移動させることでしたが、21世紀では、情報を電子的に移動し変換することを意味するようになりました。インターネットの普及は、無料(FREE)に象徴されるように、ビジネスのやり方(ビジネスモデル)を抜本的に変えました。さらに、人々の意識が消費からシェア(SHARE)へと変わる兆しが見えています。世界がこんなに劇的に変化しているのですから、サービスも当然進化します。

当研究室では、最新のサービス事例に注目し、調査研究することで、サービスの最新の内容を捉えることを研究の目標としています。それには、“なぜ”、と思うようなサービス現象に着目するのが良いと考えています。

例えば、知らない人といっしょに生活するリスクがあるのに、なぜシェアハウスを選択する人がいるのでしょうか。なぜ中国版ライドシェアリングサービスである DiDi Chuxing (滴滴出行) は、グローバルな成功企業である Uber に中国市場で勝つのでしょうか。このような“なぜ”を解明することで、最新のサービスが持つ価値を解明できると考えています。



これから重要になるテーマは、AI(Artificial Intelligence) やロボット技術が我々の社会、特にサービスに与える影響であると考えており、マシンと人間の“生産的な協働”を探る研究を開始しています。

当研究室では、事例分析のアプローチで、サービス現象に迫ります。主に、質的分析の方法を使いますが、量的分析も使います。質的分析では、主にインタビューやフィールド調査を行います。量的分析では、アンケートやドキュメント分析を行います。学生によっては日本の各地へ、留学生であれば自分の母国へインタビュー調査に行きます。注意すべき

は、聞きたいことを聞くのがインタビューではないことです。適切な相手に的をしぼった質問をし、インタビューから帰った後に、聞いた内容を何度も精査することで、理論モデルを導き出すのが質的分析の面白さです。

質的分析を体験しておけば、社会に出てからも、物事を見る目が人とは違って来るでしょう。イノベーションを起こすには、プロセス(HOW)や構造(WHAT)を理解することも重要ですが、問題の本質を理解する(WHY)ことが何より重要であり、質的分析はそれに答えられるからです。

参考：神田陽治、永井由佳里、知識社会を支える知識科学，知識社会で活躍しよう(JAIST 知識科学研究科著)、第1章，社会評論社(2014/3), pp.11-25

なぜ中国 DiDi Chuxing はグローバルな成功企業である Uber に中国市場で勝つのか？

Uber のサービス価値の一つは価格の透明性(目的地を入力すれば料金が計算で決まる)にある。知らない国を旅行する人に、現地通貨に頭を悩ますこと無しに、クレジット決済による安心の移動手段を提供できる。一方、DiDi は価格交渉ができる仕組みを取り入れた。急いでいる人は、より多くのお金を出すことで優先的に乗車できる。価格交渉の仕組みは中国の社会的慣習に適合していた。

主な研究業績

1. Youji Kohda. Can Humans Learn from AI? A Fundamental Question in Knowledge Science in the AI Era. AHFE2020(HSSE) (2020/7)
2. Ahson Javaid, Amna Javed, Youji Kohda. Exploring the role of boundary spanning towards service ecosystem expansion: A case of Careem in Pakistan. Sustainability 11(15), 3996-4022 (2019/7). <https://doi.org/10.3390/su11153996>
3. Md Siddique, Abul Kalam, Jim Spohrer, Haluk Demirkan, Youji Kohda. People's interactions with cognitive assistants for enhanced performances. HICSS2018 (2018/1)

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/kohda/>

あなたの研究したいことを、研究計画という形に落としこむところに、時間をかけます。研究したいは夢でしかなく、実行できるプランに落としこむところに、頭を使ってもらいます。難しいインタビュー先であっても、あなたが知っている相手なら話が違ってきます。その意味で、実行できる研究計画を作成することは、あなたにしかできません。一方で、できることをただだけでは価値がある研究になりません。できることと価値があることのバランスの取り方が指導の対象です。後は実行するだけです。始めれば困難があり、そこでも支援いたします。



イノベーション実現に向けた研究・開発 デザイン

研究を始めるのに必要な知識・能力

社会課題に関心があり、その解決に意欲を持つ方、柔軟な思考を有し、チャレンジ精神旺盛な方を歓迎します。材料・デバイス分野の基礎知識があることが望ましいですが、必須ではありません。

この研究で身につく能力

社会ニーズ、研究・開発、産業構造などを俯瞰する能力、および、それらを踏まえたイノベーションの設計と実行に必要な基礎的なスキルを修得することができます。具体的には、以下の能力基盤の構築を目指します。1)多面的／客観的な観点から物事を捉え、本質を洞察する能力、2)分野／組織を超え、必要な知を適切に融合させ、新たな社会的／経済的価値を創造する能力、3)具体的な方策を立案し、実行する能力、4)関係者の利害を調整し、組織を動かす能力。

研究内容

世界は、グローバル化の進展、地球温暖化、競争原理／競争環境の変化、情報通信技術(ICT)／人工知能(AI)をはじめとしたテクノロジーの加速度的進化といった地球規模の大変化に直面しています。この様な状況の中、世界中の国々／企業はイノベーションによって社会課題の解決と経済成長の両立を実現すべく、躍起になっています。一方で、産業／事業のライフサイクルは短期間化し、研究開発／事業マネジメントはますます複雑化してきています。この様な背景を踏まえ、当研究室では、以下の3つの研究テーマに取り組みます。

1)基礎研究から社会実装までの戦略立案に向けた基盤構築

地球規模の大変化に伴い、「世界に先駆けてイノベーションを実現するためには、グローバルな視座に立ち、基礎研究から社会実装まで一貫通貫の戦略が必要^{*}」な時代となってきています。一貫通貫の戦略立案は極めて難しい課題ではありますが、それに必要な学問的基盤を構築するために、材料・デバイス分野を中心に知識の創造、知識の体系化、ニーズの発見、価値創造、価値獲得が如何に実現されていったのかを詳細に検討し、それぞれの課程における成功要因と課題を明確化していきます。研究成果を基に、不確実性の高い研究開発の初期段階のマネジメント指針の提案に繋がりたいと考えています。

※第34回総合科学技術・イノベーション会議 議事要旨

2)自然科学の原理が経営に与える影響の解明

1)の基盤構築には、自然科学と経営学の融合が必須です。そのために、「製品」を自然科学と経営学を融合する為の接点として捉え、研究を推進します。「製品」とは社会ニーズを満たすために提供され、消費の対象となるものである一方、社会ニーズに応えるべく、機能、性能、品質、コストなどの要求を最適化する様、自然科学の原理を適切に組み合わせたものでもあります。我々は、製品アーキテクチャーが内包する原理的な可能性や制約が企業の開発戦略に影響を及ぼし、結果的に製品の市場競争にも重大な影響を与える可能性があることを明らかにしてきました。この様な検討をよ

り深化させ、自然科学の原理が経営(産業や事業)に与える影響を解明するとともに、自然科学の原理をベースに将来の産業や事業の動向を予測する手法の開発を目指します。

3)イノベーションシステムのデザインと実践

少子高齢化が進行する社会で、世界に先駆けてイノベーションを実現するためには、社会のリソースを最大限かつ効率的に活用するしくみの構築が必要です。そのためには、1)大学等の基礎研究と社会ニーズを適切にマッチングさせ、効率的に社会的／経済的価値を創造するシステム、2)トップダウン型に加え、社会全体でイノベーションを醸成するボトムアップ型のオープンイノベーションシステム、3)主にミドル・シニア層を対象としたリカレント教育を通して、新規産業(事業)の創造と長期に渡り社会で活躍する人材育成を実現する社会システムの構築が重要です。材料／工学分野、情報科学分野、経営学分野の研究者と協業し、このようなシステムを設計し、社会・大学・企業の新たな関係を構築するとともに、教育／研究の一環として実践していきたいと考えています。

主な研究業績

1. 佐藤治, 藤村修三 (2010) 「LCD 産業における日本メーカーの地位低下に関する研究－G4投資に対する日本メーカーの投資判断を中心に－」, 『赤門マネジメントレビュー』, 9巻10号, pp.693-740.
2. 佐藤治, 藤村修三 (2016) 「製品アーキテクチャーが内包する原理的な可能性や制約が競争戦略に及ぼす影響 - 薄型テレビ市場における LCD・PDP の競争事例をもとに - 」, 組織科学, Vol.50 No.1, pp.70-85.
3. Osamu Sato, Harumi Okuno, Isao Adachi, Junji Watanabe, Masatoshi Tokita, Keita Sakakibara, Yuji Kinose, Atsushi Goto, and Yoshinobu Tsujii. Novel in-plane switching liquid crystal display with an extremely high transmittance using a well-designed bottlebrush as a zero-azimuth anchoring material. Japanese Journal of Applied Physics, 2019, 58.6: 066503.

研究室の指導方針

イノベーションを先導すると共に、社会の変化に適応し、自分の生きる道を自身で選択し、生き抜いていける力強い人材の育成に努めていきたいと考えています。輪講などにより学問的基盤を強化するとともに、修士・博士論文研究を通して、独創性・俯瞰力・論理力・不確実性のマネジメント能力を養っていきます。また、石川と東京サテライトの学生との交流、異分野・他大学・企業の人材との交流を活性化させ、文化や利害の異なる者同士の協業に必要なコミュニケーション能力と行動するマインドの修得を目指します。



地域再生の未来を ナレッジの視点で研究する

研究を始めるのに必要な知識・能力

特別な能力は求めませんが、自分の能力を常に更新していく意欲と研究室や専攻の仲間とチームで学ぶことを期待します。また結果をアウトプットすること、それを価値に変えること、を意識しながら研究してもらいます。実際の研究では、「ロジカル」に考えることを習慣づけることが重要だと考えています。

この研究で身につく能力

自分が面白いと思ったことを研究課題にして、調査や先行研究から得た知識・情報・データを活用し、根拠立てて考える習慣が身につきます。単に研究するだけではなく、「自分の研究が価値を生む」ように意識づけていくので、成果、アウトプットを意識した仕事を進める能力が身につきます。なお、アウトプットは「説得ではなく共感を得ること」と考えていますので、自らの仕事や研究をマーケティングする方法がしっかり身につきます。また、研究対象となる地域や組織、人と一緒に研究します。参与観察やアクションリサーチと呼ばれるものですが、チームで仕事することや協働、活動のファシリテーションを学ぶことができます。

敷田研究室では、「研究で個人の興味や関心を社会化し、地域社会の課題解決を試みる」、「研究で創造した知識に評価や共感を得る」、「研究の中で自らの可能性と将来の活動ドメイン(分野)を見つける」を目指しています。

【就職先企業・職種】 公務員(自治体、国)、計画系および国際協力コンサルタント会社、研究者、起業家

研究内容



【何を研究しているのですか？】

敷田研究室では、次の3つの分野を主に研究しています。

- 1 地域資源戦略のためのイノベーション
- 2 効果的な人材育成と働き方改革
- 3 観光による地域再生のための中間システム

1は、地域や地域社会、経済を維持するための地域資源の有効活用手法とそのイノベーションを研究しています。地域にとっては地域にある資源をどう活用するかが、地域の維持のために重要です。そこで、資源の特性に応じた資源利用方法やそのメカニズムを解明することで、イノベティブな資源利用方法のプロトタイプを提案します。

2は、地域活性化のための地域人材の育成や成長について研究します。産学官協働や地域づくりなど地域での人材ニーズは高いのですが、十分な専門家が育っていません。そこで人材育成方法に加え、ノマドワークや起業などの新しい働き方を研究することで、地域社会維持に貢献します。

3は、地域再生を支える支援組織などの「中間システム」を研究します。生産と消費、サービスの提供と受益を結びつける中間組織である中間システムはこれからの社会にとって重要な組織です。特に、観光や地域再生分野を研究することで、近未来の地域社会を豊かにする提案をします。なお、自治体もサービスを提供する主体と考え研究対象とします。

【研究は楽しいですか？】

教員はとても楽しく研究しています。いっしょに学ぶことは楽しいと思います。

学生の皆さんは、新しい提案やアイデアを生み出すことが研究の延長線上にあるので、とても楽しく研究しています。研究によって受益を受ける地域の人々との関係を重視するので、皆さんの研究成果が社会を変えることを実感できます。

特に観光に関連する研究は、エンタテインメント研究なのでダイナミックです。また、地道な研究でも研究成果が価値を生み出すことを念頭に進めるので、研究による社会貢献が実感でき、とても楽しいと思います。

【これから何を目指しますか？】

資源と社会を結びつけることを支援する中間システムの研究の発展を目指しています。そこから新しい資源戦略論を導きたいと考えています。

そして、グローバル化の中でも地域が地域社会を維持してゆくことができるように、研究と教育で地域社会に貢献したいと思っています。

また、私は社会人学生として学んできた経験があります。社会人学生には特に伸びてもらいたいと思っています。そのためその労は惜しみません。



主な研究業績

1. 敷田麻実(2014)「生物文化多様性を活かしたツーリズム」、『創造農村：過疎をクリエイティブに生きる』佐々木雅幸ほか編, pp. 70-87.
2. 敷田麻実(2016)「地域資源の戦略的活用における文化の役割と知識マネジメント」、『国際広報メディア・観光学ジャーナル』, (22), pp. 3-17p.
3. 敷田麻実(2016)「文化的サービスに注目した自然資本のn次利用」、『環境経済・政策研究』, 9(2), pp. 61-63p.

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL: <http://www.jaist.ac.jp/~as-asami/> (教員個人)

どこまでも考える力を伸ばします。また学生が自律的に学び、新しいアイデア提示や提案を自らできるように、積極的な発表や表現を推奨します。「On the shoulder of the giant」を忘れず、一方でダイナミックなリープを勧めます。修士論文や博士論文は、山登りやマラソンと同じで時間がかかる学びです。教員は学生と併走しますので、安心して完走できます。なお研究を支えるテクニックも十分指導します(例えば、http://www.jaist.ac.jp/~as-asami/res_methods_home_school.html)。



言語・コミュニケーション・社会制度を 対象に知識の創造・共有・活用を考える

研究を始めるのに必要な知識・能力

新しい研究には新しい知識を得ていけば良く、特に必要な事前知識はありません。プログラミング、データ分析、数学、読書、現場での活動、モノ作りなど、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でしょう。論理的にしっかり考えを深めようとする態度が大切です。

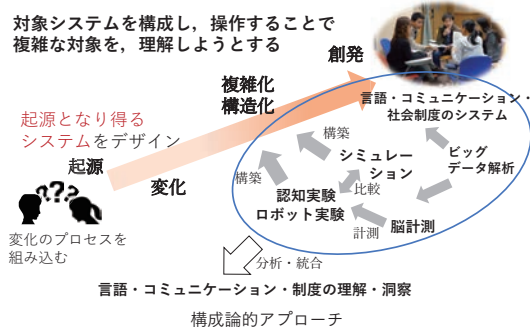
この研究で身につく能力

研究課題を設定し、具体的なデータを取得・分析し、それを考察して自分の主張を作りあげ、他人に分かるように伝えるという研究活動を通して、問題を見出して分析する能力と論理的に考える力が強化されます。研究で用いる方法に応じて、プログラミング、データ分析、実験計画、社会調査、コミュニティ活動などのスキルが得られます。そして、異なるテーマ・方法論の研究を行うメンバーと一緒に議論し切磋琢磨することで、幅広い視点や知識を得て研究を深めるとともに、メンバーの成長が促されるでしょう。しっかり構成された修士論文を書くまで研究に取り組むことで、具体と抽象を行き来し、自分の考えを人にきちんと伝える能力が身につきます。これらの能力は、取り組むべき問題を見極め、既存の知識を活用しつつ解決策を新たに作り、人と協働していく上で、社会に出てからもとても役立ちます。

【就職先企業・職種】 情報通信、ゲーム、コンサルタント、金融、教育等の業種、エンジニア、研究者、技術営業、企画等の職種

研究内容

言語、コミュニケーション、社会制度を対象に、ダイナミクス・相互作用・創発を重視する複雑系の観点から、知識の創造・共有・活用を探究する知識科学の研究をしています。言語・コミュニケーションという人間の本质をよく理解し、その上で幸せで豊かな社会を作ることに関心していると考えています。これらの研究は、取り組む対象とその理解の仕方に応じて、シミュレーション、数理モデル、認知実験、ロボット実験、脳波計測、社会調査などの方法を用いて進めます。特に、創発するシステムを作って動かすことを通じて複雑な対象についての理解を深め洞察を得る、構成論的アプローチを用いることがわたしたちの研究の特徴です。



1) 言語の起源と進化

言語は、知識の表現や伝達そして思考に用いられ、創造性を飛躍させるとも大切な能力です。この能力を人間はどのように得たのか、そして言語はなぜ今ようになったのか。このような根源的な問いを考えることで、言語と人間の本质が見えてくると考え、言語能力や言語知識に関連する生物進化、文化進化、創造性などについて探究しています。

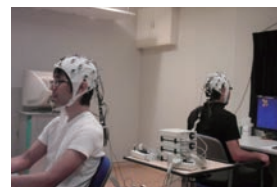
2) コミュニケーションのダイナミクス

人間は、様々な手段により意図を共有するコミュニケーションをします。また、コミュニケーションを通じてなにかを共に創り出す(共創する)こともできます。感情や情報だけではなく互いに意

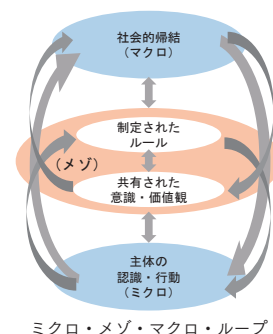
図を共有し、そして、共創へ導くようなコミュニケーションを、人々はどうに実現しているかを、様々な方法で探究しています。たとえば、シミュレーションや認知実験に加え、他大学と協力して2人の脳波を同時に測定して分析する研究も進めています。

3) 社会制度の変化とデザイン

人々が共有している思考や行動の型である社会制度は、社会を成り立たせる大事なものです。制度の形成や変化を理解し、どのような制度を作れば人々がより幸せに暮らせる社会になるのかを探究しています。人々の意識や行動とその社会的帰結の間を制度が媒介すると見る「ミクロ・メゾ・マクロループ」の視点を重視して研究に取り組んでいます。



二者同時脳波計測(予備実験)の様子



ミクロ・メゾ・マクロ・ループ

主な研究業績

- 橋本敬 (2019) 「語りと予測が生む複雑さ」、山口富子、福島真人(編著)『予測が作る社会』第6章、東京大学出版会、pp.139-171.
- Toya, G. and Hashimoto, T. (2018) Recursive combination has adaptability in diversifiability of production and material culture. *Frontiers in Psychology*, 9, Article 1512, 1-17.
- Hashimoto, T. and Nishibe, M. (2017) Theoretical model of institutional ecosystems and its economic implications, *Evolutionary and Institutional Economics Review*, 14(1), 1-27.

使用装置

PC クラスタ、ヒト型ロボット NAO、簡易型脳波計、装着型モーションキャプチャ、高速リフレッシュレート・応答速度の視覚刺激提示装置

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/hashimoto/>

本研究室では、研究を通じて成長しようという気持ちを大切に、学生自身の興味に基づいて、学生と教員と一緒にわくわくして取り組める研究テーマを設定しています。毎週のゼミでは、論文紹介と研究進捗報告をそれぞれ1名が担当し、メンバー全員で議論をします。異なる対象や方法の研究をみんなでしっかり議論することで、多様なものの見方、掘り下げたり俯瞰的に見たりする思考力、異なる研究や視点・意見を自分の研究に展開する力を鍛えます。また、学生と教員の個別ミーティングを適宜持つことで、研究や就活などの相談をじっくり行います。修士学生は少なくとも1回は学会発表を行うようにしています。



Knowledge Modelling and Decision Making

研究を始めるのに必要な知識・能力

Our lab welcomes students with a bachelor's or master's degree in a quantitative subject such as mathematics, statistics, informatics, engineering, management science, or economics.

この研究で身につく能力

Students are expected to develop valuable knowledge and problem-solving skills that can be applied in the areas of practical applications of operations research and decision science. These problem-solving skills include the ability of 1) identifying and formulating decision problems; 2) acquiring and modelling knowledge for solving them; and 3) generating, evaluating, validating and implementing solutions to these problems.

【就職先企業・職種】 Managerial consulting, Operations management and IT management

研究内容

Our laboratory research aims to combine foundational work on knowledge engineering and decision science with practical applications in engineering management and decision support systems. Such an approach helps to guide theoretical research, ensuring that it is relevant, effective and reliable, while providing novel methods to solve complex decision problems.

Methodological Research.

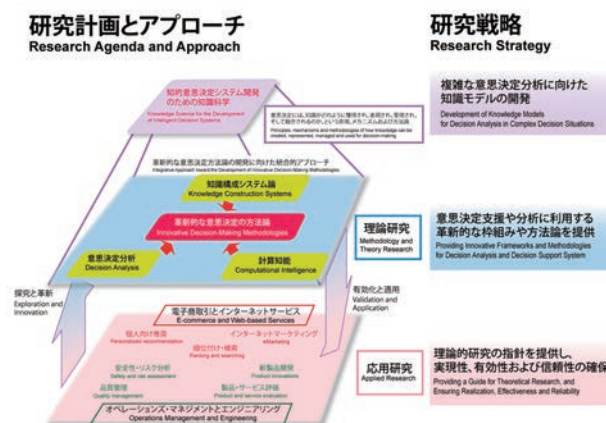
Solving real-world decision problems requires the integration of knowledge and information from different relevant sources and further takes uncertainty and impreciseness into account. The latter are often both present in many types of decision problem and may be due to, for instance, a lack of information, error in measurements, human's subjective judgments, or ambiguous meanings in criteria and assessments. Our research therefore focuses on the development of knowledge modelling methodologies that not only have the capability of rationally handling different types of imperfection in knowledge, but also allow us to integrate effectively different knowledge sources. We are also concerned with developing evaluation methodologies that integrate tools and methods in AI into the well-established decision making paradigms so as to be able to deal effectively with complex decision problems.

Applied Research.

Our research will find applications in such areas as quality management, supply chain collaboration, product and service evaluation, safety and risk assessment, product innovations, engineering design areas, and personalized recommendation in e-commerce. Currently, the following applications that serve as a guide for the methodological research are studied and explored in our laboratory:

- Integrating social sentiment data into the evaluation process for personalized recommendation
- Customer-oriented evaluation of traditional products.
- Screening product innovations.

- Supplier evaluation and selection.
- Partner evaluation for collaboration in tourism services



主な研究業績

1. V.-N. Huynh, V. Kreinovich, S. Sriboonchitta, S. Komsan (Eds.), *Econometrics of Risk*, Studies in Computational Intelligence 583, Springer-Verlag, January 2015.
2. V.-N. Huynh, Y. Nakamori. A linguistic screening evaluation model in new product development, *IEEE Transactions on Engineering Management* 58 (2011), 165-175.
3. V.-N. Huynh, H. Yan, Y. Nakamori. A target-based decision-making approach to consumer-oriented evaluation model for Japanese traditional crafts, *IEEE Transactions on Engineering Management* 57 (2010), 575-588.

研究室の指導方針

Our education and research strategy is trying to balance the advancement of theoretical research and its applicability in practice. Students will be exposed to relevant practical problems during development and improvement of their systems thinking and modelling competencies, which in turn helping them get insights into problems, inspired and guided theoretical research (making it relevant, innovative, effective and significant) in knowledge modelling and decision making. This strategy is done through regularly-held lab meetings.

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/~huynh/>



過去・現在・未来を知るための システム数理技術について学ぼう

研究を始めるのに必要な知識・能力

数学的な思考能力を持っていること。知識としては、アルゴリズム、グラフ理論などの基礎、線形代数や微分・積分における基本的な考え方を理解していること。

この研究で身につく能力

具体的な対象があったとき、何が問題であるかを認識する能力、対象を数理的にモデル化する能力、問題を解決するためにどのような技術があるのかを調査する能力、複数の技術を組み合わせて問題を解決する能力を研究を通じて身につけます。これらを達成するためには、文献を単に読むだけではなく、他の文献と比較して研究全体における位置付けを整理する能力を身につける必要があります。さらに、新しいアイデアを計算機プログラムやツール上で実装する能力も必要になります。

【就職先企業・職種】 情報通信・製造業・自動車関連

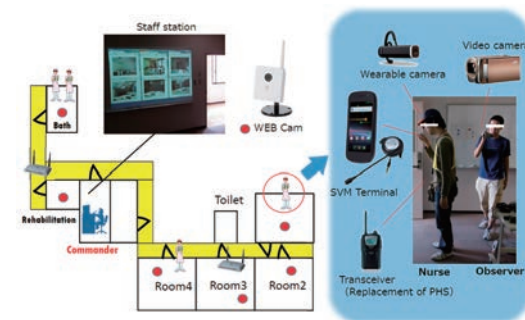
研究内容

本研究室では、複雑な現実の対象をどのようにモデル化し、問題を解決するかについて取り組んでいます。モデルという言葉はさまざまな分野で用いられますが、本研究室では計算機による処理が可能なモデル(形式的モデル・数理モデル)を対象としています。モデルを用いることにより、①実際に動作させる前に設計されたシステムが正しく動作することを理論的に検証する、②システムの性能に影響を与えるさまざまなパラメータを最適なものにチューニングする、③与えられた仕様を満たすようなシステムを合成する、④詳細が未知のシステムを観測データからモデルの形で推定する、など様々なことが行えます。さらに、大量のデータから得られる知識をマイニングする道具としてもモデルが用いられます。

今まで、形式的・数理モデル化を適用した領域と問題解決に用いた技術としては、以下のものがあります。

- (1) 医療・介護現場におけるケアスタッフの行動モデル：音声つぶやきシステムを利用した要注意行動の自動検知と状況認識(確率モデルの学習、状況アウェアネス、仮想フィールド実験、マルチエージェントシミュレーション)
- (2) クラウドシステムのコンフィグレーション変更手順の自動合成(形式手法、プランニング、グラフ探索アルゴリズム)
- (3) 実時間ビジネスプロセスの形式検証(ビジネスプロセスモデリング、時間オートマトン、モデル検査)
- (4) マルチプロセッサシステムにおけるイベントログからの故障診断(N グラムモデル、データ処理)
- (5) 空港面における航空機走行モデルと混雑制御(オブジェクトペトリネット、待ち行列、確率過程)
- (6) 遺伝子制御ネットワークのブーリアンネットワークによるモデル化と制御(マルコフモデル、最適制御)
- (7) 電力価格のリアルタイムプライシング制御モデル(ハイブリッドシステム、最適制御)

「様々なシステム数理技術を組み合わせて実世界の問題を解決する」ことに興味のある人を歓迎します。



音声つぶやきシステムの仮想フィールド実験

主な研究業績

1. K. Hiraishi: Spatio-Temporal Situation Recognition in Service Fields - Validation by Discrete-event Simulation, Proc. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics 2019, 1807-1812 (2019/10/6-9, Bari, Italy)
2. K. Uehara, K. Hiraishi: Process Mining Approach for the Conformance Checking of Discrete-Event Simulation Model, SICE Annual Conference 2019, pp. 615-620 (2019/9/10-13, Hiroshima, Japan)
3. K. Hiraishi, K. Kobayashi: A Pathfinding Problem for Search Trees with Unknown Edge Length, Journal of Discrete Algorithms, Vol. 49, pp.1-7 (2018)

使用装置

ソフトウェア(Matlab, Maple, S-plus, CPLEX など)

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/hira-lab/index-jp.html>

本研究室では問題指向の知識習得を行います。具体的には、まず形式的・数理モデル化手法に関する基礎知識を習得し、つぎに対象をモデル化を通じて理解します。対象の何が知りたいのか、何を解決しなければならないのかを網羅的に調べ、その中で修士論文あるいは博士論文として行う課題を選択します。その後、選択した課題を解決するための基礎知識を習得し、それを発展させることで課題の解決につなげます。また、理論的な解決だけでなく、計算機に実装することで、具体例に対する結果を得ることを目標にします。



現場(フィールド)の手触りにこだわった研究をしています

研究を始めるのに必要な知識・能力

とくにありません。しいていえば、1つの問いに対して1つの解答しかないという、学校算数的な問題設定から離れて、必ずしも答えが1つではないような、現実社会の複雑性に目を向けようとするような構えが要求されます。

この研究で身につく能力

本研究室では、さまざまなコミュニティや組織の知を、文化人類学的視角から研究しています。物事を社会科学的に把握する能力、および方法論としてのエスノグラフィの能力を身につけることができます。エスノグラフィは、我々にとって馴染みのある事象を“異化”して把握する力をもつ方法論です(馴質異化)。我々がよく知っている会社や病院、学校や大学、研究所の実験室など、その現場にいる人々にとって当たり前すぎて、あえて言語化して問わないような「言わずもがな」「問わずもがな」の事象を“異化”しながら記述・分析するエスノグラフィは、現場の課題発見や人々の生活に潜むニーズ発掘のためのインサイトなどに繋がるとされ、ビジネス/デザインの領域でも重用されるに至っています。こうした能力を本研究室では涵養します。

【就職先企業・職種】 技術営業、コンサルティング会社、マーケティングリサーチ会社、UX デザイン会社、医療機関など

研究内容

エスノグラフィ(Ethnography)

エスノグラフィ(現場密着型の質的調査)は、もともとは文化人類学者が素朴な伝統社会を綿密に調査する方法論でしたが、近年では、経営学・医学・看護学・科学技術研究・デザインなどでも広く取り入れています。また、ビジネスの実務でも、例えば、組織における業務の改善・最適化のための現場観察や、消費者のインサイト(洞察)を探るマーケティング調査などに用いられつつあります。

ただし、実務界において、やや混乱がみにエスノグラフィが流通している現状があるにもかかわらず、十分に議論が整理されているとは言えません。本研究室では、文化人類学の視角およびその方法論であるエスノグラフィの特徴やその強み、それらを実務に導入する際の留意点などについて、議論を前に進めようとしています。それによって、一方で実社会に貢献し、他方で文化人類学の可能性を切り開くことを目指しています。特に近年では、医師・看護師などの医療者教育に貢献する文化人類学・エスノグラフィの可能性を探っています。

現場(フィールド)から考える

修士課程学生であっても、なるべく現場(フィールド)に飛び込んでいくエスノグラフィ研究を勧めることにしています。職業的な文化人類学者の現地調査は長期にわたります(私も博士課程の頃、ニュージーランドの先住民の村などに計2年以上、住み込み調査をした経験があります)が、本学の修士課程ではそのような長期の現場調査はお勧めしません。むしろ、学部時代の専門や実務経験を活かすことのできるフィールド(現場)を選んでもらい、短期間で結果がでるように、調査を工夫するよう指導しています。

領域横断的な環境でのユニークな文化人類学

狭義の文化人類学や社会学を教える大学院は日本国内に多々あります。しかし、学部のバックグラウンドを問わないJAISTでの、領域横断的な環境でそれらを学ぶことで、他の大学院では出せないようなユニークな研究成果が出せるものと考えています。たとえば機械工学系の学部教育を受けてきた学生が、文化人類学や社

会学を私の研究室で学ぶことで、学部時代の知識も活かしつつ、精密機械工場の現場での課題抽出・課題解決を目指したエスノグラフィ研究を行う、などが一例です。そうした試みは、文化人類学だけ、社会学だけ、を学部から専攻してきた学生にはないユニークなエスノグラフィ研究を生み出す可能性を秘めています。私の研究室に所属する学生は学部レベルでは看護系・医学系・工学系・教育学系など様々なバックグラウンドを持っています。

近年、伊藤研究室では、科学研究を行う実験ラボや、病院などの医療福祉施設を主たる対象として問題解決を志すエスノグラフィ研究、また、デザイン思考とエスノグラフィとを組み合わせた応用的な調査手法の洗練を試みる学生なども増えつつあり、そのような新しい対象・テーマに取り組んでみたいという学生を求めています。



左 伊藤泰信、2007、『先住民の知識人類学』世界思想社(第7回日本オセアニア学会賞 受賞)
右 伊藤泰信編、2009、『ラボラトリー=スタディーズをひらくために』JAIST Press.

主な研究業績

1. 伊藤泰信、2018、「医療者教育の文脈で人類学という学知の何が必要とされるのか」『民博通信』160: 18-19.
2. 伊藤泰信、2017、「エスノグラフィを実践することの可能性——文化人類学の視角と方法論を実務に活かす」『組織科学』51(1): 30-45.
3. Ito, Y., 2016, 'Ethnography' in Japanese Corporate Activities: A Meta-anthropological Observation on the Relationship between Anthropology and the Outside. H. Nakamaki et al. eds., Enterprise as an Instrument of Civilization. Springer, 55-72.

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : http://www.jaist.ac.jp/profiles/info.php?profile_id=427

学者であれ、ビジネスパーソンであれ、自分たちの当たり前の発想から自由になること・抜け出すことは、なかなか容易ではありません。文化人類学的なアプローチ、エスノグラフィという方法論はそれらを解きほぐす(“リフレーミング”する)のに優れています。社会科学な視点と方法論とを実践できる学生の育成を目指します。東京サテライトの学生と石川本校との学生とを繋いだ遠隔ゼミを定期的に実施しています。また、文化人類学・社会学の基礎的な知識を身につけるため、基礎文献群のレビューを研究室独自の課題としています。



イノベーションを育むマネジメントを探索、 創造的イノベーション人材を目指そう

研究を始めるのに必要な知識・能力

新しいことにチャレンジすることを恐れず、失敗した場合はそれを糧にするマインドセットを持っている方、それを獲得したいと願っている方を歓迎します。当研究室では研究活動を通じて、自分自身を創造的イノベーション人材として育てるということを強く意識して、研究に取り組むことを求めます。

この研究で身につく能力

これまでの研究・教育から、(1)現代社会において自律的に働ける人材が求められていること、(2)仕事や社会生活で創造性を発揮するには、多種多様な経験・知識が必要であること、を実感し、これらに応える能力を伸ばす研究室であることを目指しています。具体的には研究活動を通じて、自分のプロジェクトを計画し実行する自律的な態度、定性・定量双方の基本的なメソッドロジーの習得と実践できる能力を備えることを目指します。そして研究室としてさまざまなバックグラウンド、価値観を歓迎し、多様性の中で自身を磨ける環境を整えます。ここで協働することにより、多種多様な経験を積めるように努めていきましょう。

学外、企業との協働の機会も多く設け、ビジネスコンテストへの挑戦なども支援します。

【就職先企業・職種】 起業家、経営企画、新規事業担当、事業承継、研究者など

研究内容

アントレプレヌールシップ、イノベーション研究の中でも特に、①競争力の源泉をクリエイティビティとする産業群とそれにまつわる経済、地域振興、②ワーキングパーソンがいかに関与するクリエイティブを発揮してイノベーションを起すか、といった「ビジネス創造性」にまつわる諸テーマに研究関心を寄せています。そしてその関心を、(1)クリエイティブ産業のマネジメントとクリエイティブ経済、地域経営研究、(2)ファミリービジネス研究、(3)移民起業家研究、に発展させて研究しています。

(1) 起業家教育、起業促進地域、クリエイティブ地域研究

起業家教育の研究と実践、起業を促進する地域、地域にイノベーションが起こるプロセスなどの研究をしています。現在は、創造都市政策地域の住民を対象にし、都市への満足度と都市におけるさまざまな紐帯の強弱から、クリエイティブネットワークのプロセスを定性的に研究してきました。

今後は地元の自治体と協力、起業家教育の実践と効果の測定などに取り組むにつ、起業促進地域のあり方を探ります。

(2) ファミリービジネス研究

日本是世界随一のファミリービジネス(以下FB)・長寿企業大国ですが、FBは伝統とイノベーションを両立させることと、家族・血縁関係とビジネスを併存させる競争戦略を必要とします。伝統とイノベーションの両立はビジネス創造性にまつわるジレンマです。

「同族経営」というマイナスイメージがつきまとったFBですが、近年の研究では

1. 早い意思決定を理由とする高い収益力と持続的な成長率
2. 地域密着の経営による地域への高い貢献
3. 家族的経営による高い従業員満足と高待遇

といったポジティブな要素が注目を集めています。

これらを背景に、世界的なFB研究コンソーシアムSTEP(米国バブソン大学主宰)に参画、実子への事業承継プロセスについて各国の研究者、国内外のFB企業と連携しながら研究しています。

(3) 移民起業家研究

近年注目を集める「移民」ですが、元からいた市民の経済活動を阻害したり、雇用を奪ったりというネガティブな文脈で語られることが多いようです。しかし大規模な経営リサーチの結果は、それを否定し、移民のポジティブな効用を示しています。

世界的な起業家調査であるGlobal Entrepreneurship Monitor(GEM)は2013年、移民が移民先・母国両方の経済をブーストしており、移民が起業しやすいトレラント(異文化寛容)な環境が、地域の競争力を高め、経済発展を導くとの知見を提示しました。これを端緒に、移民起業家(在外経験を経て帰国、日本で起業した日本人起業家を含む)の特性、起業プロセス、成功要因を、定性調査を中心に探索しています。

移民起業家の成功モデルが提示されれば、その知見は在日外国人だけではなく困難な状況下でイノベーションを探索する人々、海外で起業を目指す日本人への助けにもなります。今後更にグローバル化は進み、様々な人々が来日して商業活動を行うでしょう。その協働が排外主義に陥らず、良きものになる可能性を探る研究としたいと考えています。

主な研究業績

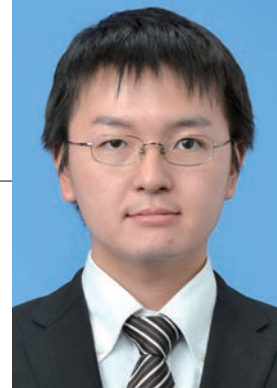
1. R.Kang, T.Kawaji, "Entrepreneurial Activities and Residential Networks of Creative Areas in Japan and Korea", Journal of Japanese Management vol.1, pp.15-34, 2016.
2. 姜理恵、「マネージャーの変革型リーダーシップと従業員の創造性—創造産業の経営学的特徴という観点から—」、日本創造学会論文誌 VOL.17, pp.112-130, 2014年3月.
3. 姜理恵、東出浩教、創造産業従事者の業績を高めるマネジメント—創造性、職場環境、トレランスの観点から— 日本創造学会論文誌 VOL. 21, pp.76-97, 2018

使用装置

統計ソフトウェア SPSS など

研究室の指導方針

未来を正確に予見できない以上、どのような未来となっても、自分の人生を自分の力で歩み、自分の力を発揮し、新しい価値ある仕組みを自分で作り出せる人材となることが必要だと考えています。そしてそのために必要なイマジネーションは多種多様な価値観に触れ、知識を得て、経験をすることにより生じるものです。本研究室では多種多様な価値観、知識、経験を提供する場でありながら、リサーチメソッドの習得を共にしつつ、自分のリサーチクエストを鍛え、自身の研究プロジェクトに自律的に取り組めるよう支援します。



大量の災害情報を数理的に解析し、防災を最適化

研究を始めるのに必要な知識・能力

一番大切な能力は研究を好きになる力・楽しむ力です。研究を進めるには数学や物理、プログラミングなどの知識が必要になりますが、必要な知識は、研究を進めながら学習できるように支援をしますので、これまであまり取り組んでこなかった人でも大丈夫です。

この研究で身につく能力

研究活動を通じて、社会に潜む課題や物事の因果関係を洞察する力とその課題を解決していく力を身につけていきます。取り組む研究課題にもよりますが、データ解析やリモートセンシング・GIS の処理、プログラミング、社会調査に関する技術が身につくことが期待されます。

研究内容

近年の社会では、大量の災害情報が取得できるようになるにつれて、防災上、これまでよりも高度な意思決定を行うことが可能になってきました。しかし、情報が溢れすぎていると、かえって最適な意思決定を行うことが難しくなることが予想されます。これらの大量の災害情報をもとに、発災前、発災直後、復旧・復興期において、住民や行政、その他防災上重要な意思決定をする人々が、最適な意思決定を行えるようにすることが重要です。私の研究室では、大量の災害情報を数理的に解析し、最適な意思決定に利用するための理論の構築と、その実装に取り組みます。

1. 自然現象と人間社会、被害量の関係を数理的に解明

地震や津波などの外力が人間社会に作用すると、被害が発生します。同じ外力が作用しても、人間社会の条件が変わると、結果的に生じる被害の量は変化します。ここでは、地震や津波などの自然現象と、それにさらされる人間社会、自然現象と人間社会が出会った結果として生じる被害量の関係を、数理的アプローチにより探求します(例1)。

2. ビッグデータを利用した被害の早期把握手法の開発

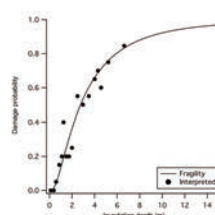
衛星画像や航空写真、ドローン画像などのリモートセンシングデータや、GPS などの位置情報、ソーシャルメディアの情報などは、広域の被害を短時間で把握するのに有効です。また、これらの観測・モニタリングやウェブ上で得られる情報をもとに、被害の全容を早期に把握する手法を開発します(例2)。

3. データ解析で被害を最小化する防災行動の研究

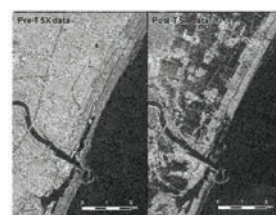
上記の1や2により予測・把握した被害の情報と、リアルタイムで得られる GPS などの位置情報、ソーシャルメディアの情報などを組み合わせた解析を行い、発災前、発災直後、復旧・復興期において、被害を最小化する防災行動が何かを探求します。

4. データ解析結果の実装に向けた研究

防災に関わる最適な意思決定を行うために、データ解析の結果、得られた情報の伝え方に関する研究を行います。各個人のおかれている状況によって、最適な意思決定に必要な情報は異なります。社会調査を通じて、適切な情報の伝え方が何かを探求していきます。



例1：津波外力(横軸)と建物被害率(縦軸)の関係式



例2：衛星データ分析により被害を把握

主な研究業績

- 郷右近英臣, 越村俊一, 松岡昌志: TerraSAR-X 画像の建物一棟ベース・解析区画ベース解析の融合による津波被災地の建物流失被害の把握, 日本地震工学会論文集 Vol.16 (2016), No.3, p.3 147-3 156
- Gokon H., S. Koshimura and M. Matsuoka, Object-based Method for Estimating Tsunami-induced Damage using TerraSAR-X Data, Journal of Disaster Research, vol.11 (2016), No.2, pp.225 - pp.235
- Gokon H., S. Koshimura, K. Imai, M. Matsuoka, Y. Namegaya and Y. Nishimura: Developing Fragility Functions for the Areas Affected by the 2009 Samoa Earthquake and Tsunami, Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 14, pp. 3231-3241, 2014

使用装置

パソコン、画像解析ソフト、GIS ソフトなど

研究室の指導方針

研究活動を通じて、社会に潜む課題を洞察する力や論理的に物事を考える力を身につけていきます。この研究室は、大量の情報を数理的に解析し、意思決定に利用する方法を探求するところですが、それと同時に、研究活動を通じて安全・安心な社会の構築に貢献することを目指しています。そのため、「現場主義・実践主義」をモットーに、実際に被災地などの現場を調査することや、実際にツールを作ってそれが本当に役に立つのかを確認することで、研究成果が本当に社会に役に立つものなのかを考えるプロセスを重要視します。



サービスイノベーションを通じて 社会をより良くしよう

研究を始めるのに必要な知識・能力

関心のある社会的問題について、「なぜそれが問題なのか?」、「どうしてそのような問題が起きると思うか?」を自分なりにセットで考え、説明をすることができる学生を歓迎します。

この研究で身につく能力

私の研究室のテーマは、より良い社会づくりのためのサービス研究です。問題発見のために、現場に出て行くことを推奨するので、研究を通じて社会性や問題発見能力を身につけていけるといいます。さらに、研究のデータ取りにおいては、現場を説得する過程も経験することになると思いますので、多様なレベルで自分の研究を(噛み砕いて)説明することができるようになると思います。あくまで自分次第ですので、学生には相応の積極性が必要になります。

【就職先企業・職種】県庁、IT コンサルティング企業、など

研究内容

既に成熟しつつあるサービス経済は、単に経済性を追求する段階から、社会、環境の福利、質向上をも目指した変革的サービス経済(Transformative Service Economy)を実現していく段階に直面しています。

こうしたサービス経済の成熟化への内省を含んだ包括的なサービス研究の領域として Transformative Service Research (TSR) (Anderson et al., 2012)が提案されています。これは人間にとっての Well-being に注目し、その上でサービス活動を捉え直すことを主な目的としています。

TSR は「個人やコミュニティ、システムに至るまで、消費に関わる存在の Well-being に良い変化を形成することに主眼をおく研究」と定義されています。TSR は Well-being に関する潜在的・実際の影響に焦点を当てていることが特徴で、私は Anderson らの中で、次の TSR 特有の分析単位を提案してきました。

- サービス提供主体：サービスセクター、特定組織、個人サービス提供者等が該当。
- 消費主体：人間としての個人、集団だけでなく、エコシステムも含む(例えば Shirahada & Fisk(2011))。それらは様々なアクターを内在しており、相互作用を実践。
- マクロ環境：サービスと消費者の实在に影響を与える政策、文化、技術、経済環境など。
- アウトプット：サービス効果としてのアクセシビリティ、脆弱性の緩和、ウェルネス、幸福、生活の質、公平性の維持、格差の減少といった人間の Well-being に関わる要素

これらの視点を基に様々な価値共創プロセスを分析することが TSR の目的で、研究室ではこれに関するテーマを研究しています。

対象トピック例：

- ・買い物支援を始めとした地域共助のサービスシステム
- ・新興国の医療知識の普及のためのサービスシステム
- ・SATOYAMA にみる持続可能なサービス Q

など

私たちは下記を共通に意識しながら研究を進めています。

人間の経済活動は主体間の価値共創が基盤であり、その上では goods も services も価値共創実践の手段に過ぎない。

この価値共創のプロセスに関して(あるいはそれを利用して)いかにイノベーションを起こせるかが重要である。

これには経済的価値の議論を越えた社会に対して訴求する価値も含み、個人・企業・非営利・都市・国家・地球という多様な分析視点をもって取り組むことが重要である。

研究テーマは多様にあり、学生の皆さんと共に問うて、研究していきたいと思っています。

主な研究業績

1. Michitaka Kosaka and Kunio Shirahada Ed. Progressive Trends in Knowledge and System-Based Science for Service Innovation, IGI Global, 2013
2. Laurel Anderson, Amy L. Ostrom, Canan Corus, Raymond P. Fisk, Andrew S. Gallan, Mario Giraldo, Martin Mende, Mark Mulder, Steven W. Rayburn, Mark S. Rosenbaum, Kunio Shirahada, and Jerome D. Williams, Transformative service research: An agenda for the future, Journal of Business Research, 66(8), pp. 1203-1210, 2013.
3. Kunio Shirahada and Kazuma Hamazaki, Trial and Error Mindset of R&D Personnel and its Relationship to Organizational Creative Climate, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 80, No. 6, pp. 1108-1118, 2013.

使用装置

- ・持続可能なサービスの設計
- ・地域活性化のためのサービス設計
- ・技術経営とサービスの融合
- ・サービスマーケティング手法開発
- ・サービス人材のマネジメント

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/~kunios/index.html>

毎週ゼミを行い、自分と関係ないテーマの発表においても議論できるように推奨しています。研究室の外に出て多くの人と研究意見交換をすることを求めますので、歯を食いしばってでもついてこれるようにしてください。なお、余程のことが無い限り、私からはテーマを与えません。自分で関心ある問題を魅力的に説明し、研究を進めていくことを学生には期待します。



データ解析のコンセプトを学んで 情報化時代における知識の獲得を楽しもう

研究を始めるのに必要な知識・能力

統計学・線形代数の基礎知識、プログラミングの知識が必要。実際の現象を眺めて、そこから推測したり逆問題を考えることが好きであること。

この研究で身につく能力

研究活動は、まず研究対象となる問題を把握すること、把握した問題を解決すること、結果を発表することという三つの段階からなる。修士研究においては、自分で独自の問題をゼロから見つけてくることは簡単ではない。そこで、データ解析学の基礎的な知識の学習を通して、データ解析学によって解決できる問題や解くべき興味深い現実問題を見つけることを目指す。この際に、日本語だけではなく、英語の文献を読む能力を身につける。問題解決に関しては、現場の実感、共感、素朴な閃きからスタートする思考態度の習慣を身につけて、データ解析の基礎理論的な知識やそれを使いこなして解決する能力の獲得を目指す。研究においては、十分なプレゼンテーション能力を身につけることだけでなくプレゼンテーションを経たクリティカルシンキング習慣を身につける。

【就職先企業・職種】 情報通信・情報処理産業、技術コンサルタント会社など

研究内容

科学技術の研究では実験データやシミュレーションデータの有効活用は最重要課題となっている。これらのデータは各対象固有の特色に即した構造(セマンティクス)を内包しており、その構造を明らかにし、データに内在する価値を最大限に引き出せば、科学技術の研究分野で大きなブレイクスルーとなる。そこで、巨大で複雑なデータに潜む構造を簡潔で理解容易な形で引き出して有効活用するために本研究グループはスパース性に着目し、巨大シミュレーションデータに内在するセマンティクスを解析する技術を確立する。

具体的には、次の二つの研究テーマが最近の中心的な研究テーマである。

①材料物性の量子シミュレーションとデータマイニングの融合

開発する材料の性質及び形成過程に応じたパラメータ間の関連性を学習するために、回帰学習に基づくグラフィカルモデルの構造学習法を開発する。

②ソーシャルネットワーキングサービス(SNS)データの解析

ソーシャルネットワーキングサービスデータに対して機械学習や自然言語処理の各手法を活用して社会の各問題に関する有益な情報や知識を獲得する。

主な研究業績

1. Dam Hieu Chi, Tien Lam Pham, Tu Bao Ho, Anh Tuan Nguyen and Viet Cuong Nguyen, Data mining for materials design: A computational study of single molecule magnet, The Journal of Chemical Physics, 140, 4, p044101-1, 2014.
2. Dam Hieu Chi, Ho Tu Bao, Sugiyama Ayumu, Simulation-based Data Mining Solution to the Structure of Water Surrounding Proteins, International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), 2011.
3. Dam Hieu Chi, Nguyen Thanh Cuong, Ayumu Sugiyama, Taisuke Ozaki, Akihiko Fujiwara, Tadaoki Mitani, and Susumu Okada, Substrate-mediated interactions of Pt atoms adsorbed on single-wall carbon nanotubes: Density functional calculations, Physical Review B 79, 115426, 2009

使用装置

学内のスーパーコンピュータ (Cray XC40)

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <https://www.facebook.com/dam.laboratory>

本研究室では、現実問題に挑戦する意欲を持ち、基礎理論を正しく理解して実践できる学生を育成することを目指している。データ解析学において応用研究活動は、1)現場の理解と共感、2)データ解析学問題への落とし込み・問題可決のためのアルゴリズムの開発、3)開発したアルゴリズムの実験的評価という三つの柱を持つ。この三つを実践する力のある学生を育成することが本研究室の目指すゴールである。学生が中心となる専門的な学習ゼミと英語学習会合わせてを週に2回程度、日本語および英語の教材を用いる。



言語と心の論理的・経験的探究

研究を始めるのに必要な知識・能力

最も必要な資質はただ考えることが好きなこと、また、自分の専門に限らず言語、数、宇宙、意識、自由、幸せなど広く興味を持ち、探究してみたいと思っていること、ある程度の英語力も求められます。

この研究で身につく能力

自分の本当に興味のある問題をアカデミックな仕方でも探究する能力、研究する上で必須となる概念的な分析能力および思考を論理的に整理し自分の議論を組み立て、説得的に展開する力。

【就職先企業・職種】研究職、社会人全般

研究内容

私の専門は分析哲学であり、哲学の中でも論理を重視し科学的知見や常識との関係に特に注意を払うアプローチであると言えます。本当に哲学的な探究が好きであればどのようなテーマでも構いませんが、私の研究との関係で以下のような問題に関心があればなおよいでしょう。

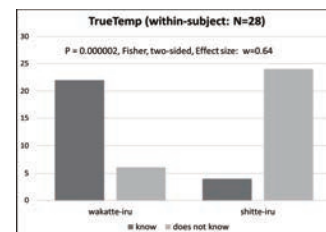
1. 情報と信念と知識: 情報と知識とはどう関係しているのでしょうか。哲学は伝統的に「概念分析」という手法で知識について考察してきましたが、情報概念をもとに工学的に知識について探究すること、また様相論理を使い、知識概念や信念概念を形式的・論理的に探究することも行われています。私はこれらを統合しながら形式的に知識概念を分析しましたが、独自の観点からあるいはより洗練された手法を用い、こうした概念を探究する、あるいは新たな体系を構築する、という研究を行うことができます。

2. 規則、意味、言語、計算、心: ウィットゲンシュタインは「規則に従うこと」の考察を通し言語と意味について多くのことを明らかにしましたが、それは彼の数学の基礎の探究とも結びついていました。彼は講義の中でのチューリングとの直接の対決を通し、「チャーチ・チューリングのテーゼ」の意味を問いましたが、それはまたチューリングの後の「チューリング・テスト」の考えと密接に結びついていました。

近年、「ディープ・マインド」の登場などにより再びAIへの関心が高まっていますが、「機械は考えることができるか」の問いの本質は変わっていません。考えているように単に「見える」だけと「本当に」考えていることの違いは何なのか、そこで重要となる「志向性」という概念とは何なのか、あるいは「意味」とは何なのか、こうした問題の本質を考えてみたい方は歓迎します。

3. 実験哲学: 21世紀より、哲学者は急激に実験を行うようになってきました。様々なことがそれにより明らかになりましたが、特に興味深いのは、哲学的に重要な基礎的概念の文化差・言語差で

す。例えば英語の 'know' の翻訳は「知っている」の他に「分かっている」がありますが、経験的調査に基づき、これらの使用および意味に興味深い違いがあることが明らかになっています。



その他にも 'know how' や真理述語（「本当だ」）、意図（「わざと」）、など我々が普段使っている言語の背後にある概念は、調べてみると意外な特性を持っていることが続々と明らかになっています。そしてこうした概念の他の文化や言語のとの比較研究は、まだまだ始まったばかりで大きな可能性を秘めています。このような探究も、21世紀では立派に哲学として認められるのです。あるいは全く新たな実験哲学を提案し、実行してみるのも面白いかもしれません。

主な研究業績

1. *A Theory of Knowledge and Belief Change - Formal and Experimental Perspectives*, Hokkaido University Press. (2011)
2. 『チューリング vs. ウィットゲンシュタイン：計算、AI、ロボットの哲学』勁草書房(2012)
3. *Epistemology for the Rest of the World*. Oxford University Press. (2018)(共同編集)

使用装置

オンラインアンケート調査サービス、統計分析ソフト、脳

研究室の指導方針

毎週1回ゼミを行います。何が自分にとっての本当に興味ある問題なのか、そしてそれをどう研究していけばいいのから出発し、それが決まった後はその進捗を発表してもらいます。方法論は、適切であれば経験的手法でも構いません。いつの間にかとても哲学とは言えない研究になったとしても、むしろ歓迎します。あくまで言われるのではなく、自ら研究の方法についても調べ、進め方についても自分で管理できるようになりましょう。具体的な助けであれば、いつでも力になります。この研究室をステップとして世界に羽ばたいていく手助けができればと考えています。

セキュリティ・ネットワーク領域

高度情報化社会と科学技術の進展を支える
ICTシステム基盤技術の教育研究

■ 領域の概要

すべての科学技術の発展の裏には、計算機システムとネットワーク、すなわち ICT (Information and Communications Technology: 情報通信技術) の大幅な進歩があります。また、ICT 投資が企業業績と密接な関係があることも判明し、我が国の成長戦略の中心に位置づけられるようになってきました。こうした動きは、今後、日常生活の基盤が「スマート社会基盤」となり ICT システムへの依存度を増すにつれ、ますます進むものと思われます。本領域では、ICT システムの根幹となる基盤技術の教育研究を推進しており、人材育成や学術的な成果はもとより、産業界への貢献、標準化活動、政府の政策決定に至るまで幅広く社会に貢献しています。

■ キーワード

スマートシティ、サイバーセキュリティ、IoT、インターネット、情報システム、組込みシステム、ソフトウェアエンジニアリング、次世代ワイヤレス通信、超 LSI 設計法、情報理論

■ 教育研究の方針

本領域は計算機のハードウェアやソフトウェア、ネットワークおよびセキュリティといった情報工学の根幹となる分野を対象に教育研究を行っており、流行に左右されることのない確かな理論と技術、方法論を身につけた学生を育成しています。本領域の研究では幅広い知識が必要とされますが、いずれも時代を超えてその必要性が認められてきた理論や技術であり、今後の新たな ICT システムを開発していく上でも必要なものといえます。また、Project Based Learning 等、演習にも力を入れており、実践力の育成も図っています。

■ 就職実績

(株)インターネットイニシアティブ、NTT コミュニケーションズ(株)、(株)NTT ファシリティーズ、(株)キーエンス、(株)神戸製鋼所、シャープ(株)、セイコーエプソン(株)、(株)セーレン、ソニー(株)、大日本印刷(株)、(株)東芝、東芝メモリ(株)、トランスコスモス(株)、トレンドマイクロ(株)、日本電気(株)、日本電信電話(株)、パナソニック(株)、(株)日立製作所、富士通(株)、富士電機(株)、三菱電機(株)、楽天(株)、リコー(株) 等



集積回路と組込み計算機、ネットワーク、サーバー、スマートハウス実験環境



社会を支える重要システムの 安全性・信頼性を最先端の科学で実現する

研究を始めるのに必要な知識・能力

「ソフトウェア=プログラム」ではないので注意すること。プログラミング能力よりは、論理的思考能力、抽象化能力が重要です。たとえば、物事を三段論法的に考えたり、複雑な問題をシンプルな枠組みで説明する能力などです。

この研究で身につく能力

現在の社会において使われているシステムや開発されているシステムを対象に、その問題を識別、問題の根本的な原因を明らかにし、理にかなった科学的な解決策を提案できるようになります。日々のニュースや新聞で見聞きするように、現在の産業界では、安全性・信頼性に関する、とても大きな問題を抱えています。この問題を解決するためには、机上だけの科学技術では不十分であり、実際に実践できる科学技術が必要です。企業に入ってしまうと目の前の製品開発で手一杯になりますが、その前に、現実的なシステムの問題を科学的に解決できる上記のような能力を身につけることはとても重要です。そして、これにより、社会において安全、安心を科学技術で支える人材になることが期待されます。

【就職先企業・職種】 製造業、情報通信業、IT コンサルティング会社

研究内容

[正しいソフトウェアの実現へ]

我々が日常生活をしている今日の社会には、様々な所にソフトウェアが使われています。ソフトウェアはパソコンで動作させる物だけでなく、携帯電話、電化製品、自動車、飛行機などにも組み込まれており、身の回りの製品、日々の生活に深く関わっています。そのため、ソフトウェアの誤りは日常生活や経済活動を混乱させ、莫大な時間的、金銭的損失を引き起こす可能性があり、実際、そのような事例が報告されてきています。なぜ、誤りを含むソフトウェアが市場に出回っているのか不思議に思う人もいるかもしれません。誤りのない正しいソフトウェアを実現することは現代の科学をもっても達成できておらず、現状では、製品に誤りが含まれてしまうことは不可避なのです。そこで、誤りのない、正しいソフトウェアを開発する方法を確立することは、挑戦的な研究であり、今後の社会の発展、および、安心した生活を送るためにとても重要です。

[形式手法・形式検証]

正しいソフトウェアを実現する研究は計算機科学の歴史において、比較的長く行われています。代表的なものとして形式手法(Formal Methods)、形式検証(Formal Verification)があります。形式手法・形式検証では、数学を基礎とした言語やツールを用いて、対象となるソフトウェアを記述し、検証を行います。これにより、なんとなくソフトウェアを開発するのではなく、数学に基づいた解析や正しさの保証を行うことができます。ここでの正しさは理論的な観点のものであり、実製品での正しさ、安全性、信頼性とはギャップが大きいです。それでも、現在のところ、実製品としての正しいソフトウェアを実現するための有望なアプローチであると言えます。また、このような手法を用いて、ソフトウェア自身を科学することも重要です。ソフトウェアがこれからの社会や世界の構成要素であり続けるのであれば、他の自然科学の学問分野と同様、その本質や原理を明らかにして、事実を積み上げ、共有し、発展させる必要があります。そこで、本研究室では、形式手法・形式検証を用いて正しいソフトウェアを開発する手法、および、ソフトウェア開発の原理に関する研究を行っています。

[産業応用への挑戦]

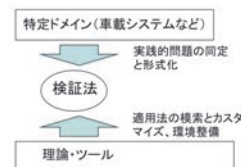
現在の社会においてソフトウェアは重要な構成要素です。本研究室の研究対象は、「社会におけるソフトウェア」です。そのため、企業

との共同研究を積極的に行っています。これまでに、主に、自動車(車載システム)を対象として、共同研究を行ってきました。現代の自動車は、多くの部分が電子制御されており、ECU (Electronic Control Unit)と呼ばれるコンピュータが多く使用され、ネットワークで接続されて協調動作しています。ハイエンドの自動車では、100個を超えるECUが使われており、非常に複雑なシステムになっています。一方で、自動車は我々の身近にある危険な乗り物であり、毎年、多くの人命が交通事故などで失われています。そこで、ソフトウェアを用いて正しく制御することはもちろん、高度な安全性の実現への挑戦がなされています。自動車において、ソフトウェアの役割は、非常に重要なものとなっているのです。我々は、車載システムメーカーや研究所と共同研究を行い、実製品の検証に成功している世界的にも数少ない研究室の1つです。今後も、様々な分野で、社会を支える重要システムの安全性・信頼性を最先端の科学で実現し、安全・安心な社会を目指して研究を行っていきます。

研究分野



アプローチ



主な研究業績

1. Toshiaki Aoki, Makoto Satoh, Mitsuhiro Tani, Kenro Yatake, Tomoji Kishi: Combined Model Checking and Testing Create Confidence - A Case on Commercial Automotive Operating System, Chapter 5, pp.109-132, Cyber-Physical System Design from an Architecture Analysis Viewpoint: Springer, 2017.
2. Toshiaki Aoki, Kriangkrai Traichaiyaporn, Yuki Chiba, Masahiro Matsubara, Masataka Nishi and Fumio Narisawa: Modeling Safety Requirements of ISO 26262 using Goal Trees and Patterns, International Workshop on Formal Techniques for Safety-Critical Systems, Springer, pp.206-221, 2015.
3. Kenro Yatake and Toshiaki Aoki: Automatic Generation of Model Checking Scripts based on Environment Modeling, The 17th International SPIN Workshop on Model Checking of Software, pp.58-75, 2010.

研究室の指導方針

本研究室では、1) 問題の本質を学生自身で理解する、2) 科学的に問題を解決する、ように指導を行います。研究を学生自身で遂行するためには、まず、研究対象を学生自身の問題として捉えることが必要です。研究の初期には、具体的な事例を題材として、頻繁に議論を行います。次に、科学的な問題の解決のためには、じっくりと問題を学生自身で検討することが必要です。研究の中期～後期では、ある程度期間の間隔がある定期的なゼミで検討結果を報告、議論します。これらの一連の研究活動を行えば、社会における問題を科学的に解決できる人材を輩出できると考えています。

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/aoki-lab/>



次世代スーパーコンピュータの基礎技術を研究します

研究を始めるのに必要な知識・能力

C言語、VHDLなど、どれか一つ得意なプログラミング言語があると望ましい。しかしながら、必須と言えるスキルは特にありません。新しいプログラミング言語や技術にチャレンジしても良いですし、自分の得意分野を踏まえて研究テーマを選んでも構いません。およそ半数くらいの学生さんは配属時にC言語やHDLなどのプログラミングができますが、そうでない学生さんも配属後に勉強し書けるようになっています。

この研究で身につく能力

設定する研究テーマにより、次の複数のスキルのうち一つ以上の能力が身につくと期待しています。

- 1) 超並列システムの設計法 相互結合網やルーティングなど、次世代超高性能システムに必須な基礎知識
- 2) 超並列システムの利用法 MPI や OpenMP など超並列システムを効率良く利用するための利用技術
- 3) GPU コンピューティングの基礎技術 GPGPU の利用法や高効率化手法など
- 4) 論理回路設計法 FPGA や ASIC などの回路設計スキルやその流れなどを習得します。
- 5) 可視化手法 三次元可視化装置の利用方法やプログラミング方法など

【就職先企業・職種】総合電機メーカー本社、大手通信関連企業、石川発祥の情報系中堅企業、クラウドベンチャー など

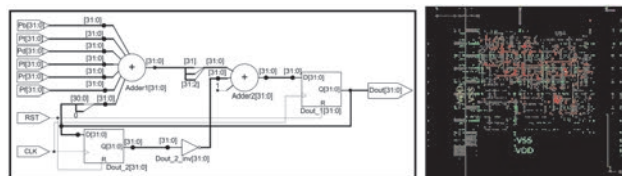
研究内容

我々の研究室では、主に超並列を中心に研究を行っています。超並列とは、多数のプロセッシング要素を高速な相互結合網で結合し、大幅な処理の高速化を目指すシステムです。超並列研究にはさまざまな階層があり、LSI チップ内の演算器レベルの並列化、マイクロプロセッサ(CPU)を多数結合する超並列システム、広域に分散したサーバやワークステーションをソフトウェア的に巨大な仮想計算機として提供する GRID や Cloud などが含まれ、これら超並列システムの構築手法や利用技術について幅広く研究を行っています。

近年では AI や数値計算など特定アプリケーションに特化した専用ハードウェアを構築する DSA(Domain Specific Architecture) が盛んに研究されています。本研究室でも様々なアプリケーションに有用なアーキテクチャや並列アルゴリズムを解明しています。

現在推進中のプロジェクト

- 1) 「ギガ帯域インターネットにおける電子指紋の超高速・高精度検出と超高速検索」
本研究では、インターネットに流通する mp3 などの音楽ファイルをギガ帯域でリアルタイムに検出し、楽曲を特定・ライセンシングするために必要な、ハードウェア・サポートによる超高速電子指紋検出技術 およびその関連技術について研究する。
- 2) 「超大規模連立一次方程式の GPGPU による高速解法」
非常に高い計算能力を持つとして近年注目されている汎用グラフィックスプロセッサ(GPGPU)を用いて、連立一次方程式の高速解法に取り組む。GPGPU はメモリ量が限られており、大規模な連立一次方程式に GPGPU を用いることができなかった。本研究では疎行列を効率良く圧縮することにより、GPGPU による連立一次方程式の求解アクセラレーションの適用範囲の拡大を目指す。
- 3) 「高精細音空間コンテンツのための主観的最適化音空間ディスプレイの研究開発」
専用 ASIC によるアクセラレーションによるリアルタイム音響シミュレーション



作成した専用 ASIC の演算要素回路とチップレイアウト

の可能性を探る。加減シフト演算のみの簡素な演算で音響をシミュレートできる DHM 法を各格子点で計算する専用 ASIC を構築し、シミュレーションブロックとして結合することで任意の音空間シミュレーションを行う。

配属希望者へのメッセージ

本研究室では次の様な皆さんを歓迎します。

- ・次世代計算機システムのあり方を研究したい方(超並列はその一手段)
- ・物理や音響などのシミュレーション手段として超並列システムや FPGA を極めたい方
- ・化学や物理など、非情報系の学部ながら、計算機システムに興味を持った方

当研究室は出身学部は問いません。研究室配属後に、関連する講義を取るなど、必要な知識を身につけて下さい。

研究テーマの選び方は、研究室で行っているプロジェクトに参加する方法、自分自身でテーマを選ぶ方法、どちらでも構いません。研究室で実施しているプロジェクトであれば、機材や予算、先輩の成果などを利用することができます。学部での勉強など、自分のバックグラウンドを活かして自分自身で研究テーマを設定することも可能です。

主な研究業績

1. 福田真啓, 井口 寧, "Snort の正規表現マッチングの FPGA 実装の自動化と高頻度パターンを見つけるための N-gram 分析", 信学論 D, Vol. J102-D, No. 3, pp.141-150, Mar., 2019
2. Tan Yiyu, Yasushi Inoguchi, Makoto Otani, Yukio Iwaya and Takao Tsuchiya, "A Real-Time Sound Field Rendering Processor", Applied Sciences, MDPI, Vol. 8, No. 1, 17 pages online, Jan., 2018
3. Faiz Al Faisal, M.M. Hafizur Rahmana and Yasushi Inoguchi, "A new power efficient high performance interconnection network for many-core processors", Journal of Parallel and Distributed Computing, Elsevier, Vol. 101, pp.92-102, Mar., 2017

使用装置

超並列システム Cray XC40

GPU クラスタ

三次元可視化装置 CAVE

論理回路設計システム、回路デバッグ、ロジックアナライザ

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://ino-www.jaist.ac.jp>

「プロフェッショナル」として通用する人材育成

自ら目標を設定し、解決のための道筋を構築し、提案し遂行し、一つの目標を完成させる力を身につけていただきたいと思います。今はスーパーコンピュータはもとより、PC やスマホでもマルチコア時代です。当研究室で身につけた並列処理技術や思考法を存分に活かし、社会に出たあと、様々な分野で新しいシステムの設計や開発、アプリケーションの開発などで主導的に活躍できる人材を育成することを目指します。



LSIは計算処理の現場。先端LSIのための回路技術と最適化技術を探求する！

研究を始めるのに必要な知識・能力

回路技術の基礎(線形代数、微積分、基本的な回路解析、MOS トランジスタの基本動作、論理回路など)と最適化技術の基礎(授業科目「アルゴリズムとデータ構造」、「システム最適化」など)に関する知識を備え、最適化アルゴリズムを計算機実装するためのプログラム能力を備えていることが望ましい。

この研究で身につく能力

(1)回路や計算機などの現実のシステムに関する諸問題を、代数、微積分、グラフ理論等の数学的ツールを使って数理論理的に捉え、議論し、解を導く能力。(2)システムの動作シミュレーションや設計最適化について、その計算アルゴリズムを開発し、プログラム化し、実用に供する能力。(3)集積回路に関する基本的性質を理解し、新しく現れる技術の背景・技術内容を理解し、その効果を推測できる能力。(4)自身の研究・開発内容について正確にまとめ、論文や口頭発表を通してそれを他者へ伝え、また自身の研究内容や関連研究開発について他者と議論する能力。

【就職先企業・職種】 製造業、情報通信業、他

研究内容

集積回路とは？

集積回路は、情報・通信機器、制御機械・ロボットなどに組み込まれ、計算処理を行ったり、情報を記憶したりするもので、正に情報処理の『現場』です。一辺が1センチメートルほどの大きさの基板の上に数十ナノメートルの線幅でトランジスタ素子や配線が刻まれているもので、これは野球グラウンド一面に0.5mmのシャープペンシルの芯を使ってモザイク画を描くことに相当しています。また、デジタル集積回路を動作させるためのクロック周波数3GHzは、光がわずかに10cm進む時間を1サイクル(動作制御の時間単位)として処理が行われることを意味します。集積回路は、こうした極微細スケール、極微小タイミングの下で、なおかつ製造ばらつきや動作時ノイズに打ち勝って、正しく動作しなければなりません。このような集積回路をどのように設計し、どのように高性能化するか、これが私たちの研究テーマです。

1. 集積回路システムの最適化・自動設計

集積回路の歴史は微細化の歴史、そしてそれに伴う高速化と回路の大規模化の歴史でもあります。微細化と高速化により、配線を中心とした寄生素子がシステムに与える影響が顕在化してきています。また、製造ばらつきや動作時ばらつきによる動作の不安定さは増々深刻になって来ています。本研究室では、ばらつきや寄生効果に打ち勝って回路を正しく動作させる『仕組み』の開発と、その仕組みが最大限効果を発揮するための『設計最適化』の開発の両輪によって、次世代のLSI設計論を確立することを目指しています。この一つの例として、クロックスキューの積極的利用による高性能化やばらつき克服があります。クロックスキューを最適化することを前提とした回路そのものの最適化問題は、とてもチャレンジングでかつ効果が期待できる課題です。また、こうした設計問題に取り組む中で、沢山の最適化問題に出会い、それらを解いていかなければなりません。そこには純粋に数学の問題に立ち向かう面白さもあります。

2. 耐故障集積システム

情報機器、ロボットなどが社会のあらゆる場所に普及し、それらへの依存度が高まるにつれて、集積回路の故障が人間や社会に重大な問題を引き起こすようになってきています。システムの耐故障化には冗長性の導入が必要になりますが、耐故障性を保持したまま、いかに冗長性を低く抑えるかが大きな問題となります。具体的なアプリケーションに応じて、アルゴリズムレベルからレジスタ転送レベル、論理レベル、回路レベルまでの間で、導入する冗長性を最適化する耐故障計算処理システムの高位合成と計算機支援設計について研究を行っています。

3. 次世代回路方式

現在のLSIはクロック同期式2値論理回路が主流ですが、こうした枠をはみ出した回路方式の検討、設計方法論・設計最適化の検討も進めています。一つの代表例は制御にクロックを使わない非同同期回路です。製造ばらつきや動作時ノイズを難く克服し、タイミングマージン無しに動作する特長を持ちつつ、回路規模を小さく抑えることができる新しい非同同期回路方式の開発に向けたブレークスルーを模索しています。

主な研究業績

1. Keisuke Inoue, Mineo Kaneko, "Dual-Edge-Triggered Flip-Flop-Based High-level Synthesis with Programmable Duty Cycle", IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E96-A, No.12, pp.2689-2697, 2013.
2. Mineo Kaneko, "Timing-Test Scheduling for Constraint-Graph Based Post-Silicon Skew Tuning", Proceedings of IEEE International Conference on Computer Design (ICCD), pp.460-465, 2012.
3. Tsuyoshi Iwagaki, Eiri Takeda, Mineo Kaneko, "Flexible Test Scheduling for an Asynchronous On-chip Interconnect Through Special Data Transfer", IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E94-A, No. 12, pp.2563-2570, 2011.

研究室の指導方針

[研究室HP] URL: <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/kaneko-lab/index.php>

研究室では、自立して研究開発ができる技術者、研究者の育成を目指しています。特に以下の事柄に注意しています。(1)グラフ理論、組合せアルゴリズムを中心に数理論理に関する基礎理論を習得。特に知識だけでなく、定理証明等の演習を通して論理的思考を身につける。(2)研究分野の特性を生かし、数理論理から電子・集積回路までの広い知識・能力を身につけ、また理論やアルゴリズムの考案とプログラム開発を通して、思考力と実践力を育成する。(3)大学ならではの自由な発想に基づくテーマ設定、研究アプローチを大切にします。



BITS: Bits of Information, Transmitted and Stored

研究を始めるのに必要な知識・能力

We welcome students with motivation and ability in three areas. (1) Mathematical skills of basic probability theory, such as Bayes rule, and linear algebra, such as basic matrix operations. (2) Computer programming skills, such as C/C++, Java, or Matlab. (3) Passion to use English as a technical language.

この研究で身につく能力

Graduating students will have knowledge of fundamental methods for understanding and designing state-of-the-art communication and data storage systems. These systems are implemented as algorithms, and so students will gain understanding of mathematical techniques underlying these algorithms. Students will be able to read a paper, understand the contents, implement the algorithm in a program, and evaluate by computer simulations. Most students study and gain deep knowledge of error-correcting codes for reliable communications.

【就職先企業・職種】 communications, data storage

研究内容

Information, Transmitted and Stored

Information transmission is sending data from one point to another point, for example, from the mobile phone in your hand, to a base station on the top of a building. Information storage is the sending of data from one point in time, to another point in time, for example files saved to your hard drive or SSD today can be recovered next week. Noise in the environment and unreliable storage media can corrupt signals and cause errors in data.

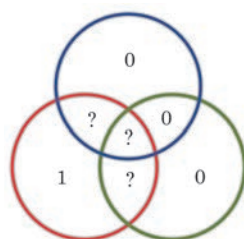
Information Theory and Coding Theory

The BITS Lab studies information theory and coding theory, to provide reliable communications and reliable storage of information. Information theory deals with the fundamental limits of reliable information transmission and compression. Remarkably, information can be transmitted reliably over a communications channel, even if the channel is unreliable. A central result states that the information rate R of transmission can be no greater than the channel capacity:

$$R \leq \frac{1}{2} \log(1 + \text{SNR})$$

for a channel with signal-to-noise ratio SNR.

Coding theory deals with error-correcting codes, a concrete method to correct some errors, and even achieve the channel capacity. One such code can be represented using three circles, as shown in the figure. The number of 1's inside each circle must be even. The code consists of seven bits, each either a 0 or a 1. But some bits have been erased to an unknown "?". Can you recover the original bits?



An error-correcting code.

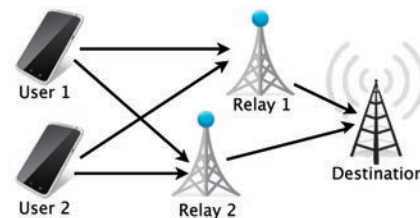
Codes for Data Storage

Data storage is at the core of the information technology revolution, from the smartphones in our hands to data centers in the cloud. Flash memory, hard disk drives and distributed storage networks combine to provide ubiquitous access to data. But these exciting new systems pose new problems of storage density, reliability and efficiency. Coding theory provides an answer.

Cooperative Wireless Communications

With the arrival of the smartphone, the demand for wireless network communications has exploded. But new electromagnetic spectrum is scarce. To increase future data rates, cooperative wireless communications is the new way forward. In cooperative wireless communications, users, relays and base stations work together to increase data rates, as shown in the figure.

Lattices are codes which use the same real-number algebra for both the code and the channel, where electromagnetic signals are superimposed. Lattice codes correct errors introduced by channel noise, satisfy transmission power constraints, and possess properties needed for network coding. We are developing lattice coding theory to enable next-generation cooperative wireless communications.



A cooperative wireless network.

主な研究業績

1. R. Sekiya, B. M. Kurkoski, "Applying Write-Once Memory Codes to Binary Symmetric Asymmetric Multiple Access Channels," *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, 99-A, vol. 12, pp. 2202-2210, 2016.
2. B. M. Kurkoski and H. Yagi, "Quantization of binary-input discrete memoryless channels," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 60, pp. 4544-4552, August 2014.
3. H. Uchikawa, B. M. Kurkoski, K. Kasai, and K. Sakaniwa, "Iterative encoding with Gauss-Seidel method for spatially-coupled low-density lattice codes," in *Proceedings of IEEE International Symposium on Information Theory*, pp. 1747-1751, July 2012.

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://bits.kurkoski.org/>

Our lab is a dynamic and interactive environment. Students are primarily advised in one-on-one meetings between the advisor and student. More senior students are encouraged to participate in the advising of newer students. Conversely, even Masters students are given research projects that can lead to presentations at international conferences and publications in English-language journals.



高信頼ネットワーク社会を目指して

研究を始めるのに必要な知識・能力

『みんなが幸せになること』でかつ『自分がやりたいこと』をそれぞれのメンバーが追求する、という方針をとっています。そのため、研究的には事前に特に強制されることはありません。各自が自律的に研究計画を立てて研究活動を遂行することになります。ネットワークに関連した研究が多いですが、特に深い知識がないと始められないというものではありません。

この研究で身につく能力

日頃からのゼミにより論理的に考える力が徹底的に鍛えられると同時に、システム実装によって IT システムに関するさまざまな経験を蓄積することができます。IT システムは情報科学分野における総合的な学問ですが、この訓練によって IT システムのさまざまな性質に関する勘所を身につけることができますようになります。

【就職先企業・職種】 ICT 関連企業・ネットワーク関連企業・大手電機メーカー研究開発職、大手 ISP 運用 / 開発 / 研究職、大学教員、起業

研究内容

高度な情報通信ネットワークシステムは、あらゆる場面で私たちの日々の暮らしを支える社会インフラとしての地位を確立しました。その一方で、情報通信ネットワークシステムの障害やサイバーセキュリティの問題は、私たちの生活に大きな影響を及ぼすようになっており、あらゆる意味で高い信頼性を有する情報通信ネットワークシステムの確立が急務になっています。

インターネットに代表される各種情報通信ネットワークシステムに高い信頼性が確立され、安心で安全かつ高機能な情報通信ネットワークシステムが実現できるように、技術的な取り組みを行うとともに、高度 IT 化社会において要求される人材育成や社会システムのあり方に関する研究を実施しています。

代表的な研究分野は次のようになっています。

●新世代ネットワークシステム

私たちが普段利用しているインターネットやワイヤレスシステムを、より使いやすく、より信頼のおけるものにするための研究を行っています。

●サイバーフィジカルシステム

情報通信ネットワークと実世界の接点は、ディスプレイキーボードだけではなく、さまざまなセンサーやアクチュエーターを通して生活と密着に関連しています。このような実世界に直接影響を与えるシステムの信頼性を向上させる研究を行っています。

●サイバーセキュリティ

サイバーセキュリティの確保は高信頼な情報通信ネットワークの実現に不可欠です。情報通信ネットワークに関するセキュリティ技術について、実践的な解決を与えるための研究開発や実際のサイバー攻撃への対応のための研究を行っています。

● ICT テストベッド構築運用技術

情報通信分野の国内屈指の研究機関である情報通信研究機構 (NICT) とは、StarBED および JGN-X を含むテストベッド構築運用分野や、サイバーセキュリティ、ワイヤレス通信の分野の研究を協調して行っています。



StarBED 大規模ネットワークエミュレーション施設

主な研究業績

1. R. Beuran, M.I. Tariq, S. Miwa, Y. Shinoda: Wireless network performance evaluation through emulation: WiMAX case study. ICOIN 2015: 265-270
2. R. Beuran, S. Yasuda, T. Inoue, S. Miwa, Y. Shinoda: Using emulation to validate post-disaster network recovery solutions. SimuTools 2014: 92-97
3. S. Zrelli, N. Okabe, Y. Shinoda: XKDCP: An Inter-KDC Protocol for Dependable Kerberos Cross-Realm Operations. JNW 8(2): 290-296 (2013)

使用装置

StarBED4 大規模ネットワークエミュレーション施設
(<http://starbed.nict.go.jp/>)

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://shinoda-www.jaist.ac.jp/>

単なる趣味の話題をそのままやりたいという動機のみでは通用しません。ゼミの議論の中で、学術的な未解決問題であること、研究成果が社会貢献に繋がることを納得させる事が要求されます。議論・研究の質は厳格に守られるため、論理に欠陥が存在した場合には、徹底的に反論されます。また、システム分野ですので、システム実装を通して論理を証明していくことも重要視しています。このように厳格な指導と同時に、最新のサイバーガジェットを積極的に取り入れた「遊び」の中から革新的なアイデアを生み出していくという活動も重視しています。



家庭環境で人々を支援する ICTシステムの研究を推進しています

研究を始めるのに必要な知識・能力

プログラミングやハードウェアの試作など、アイデアを形にできるための力が必要とされます。オペレーティングシステムや計算機アーキテクチャ、ネットワークプロトコルスタックなどに関する知識も役に立ちます。

この研究で身につく能力

世の中の諸課題に対し、原理に立ち返って状況を分析・考察し、様々な技術を様々なアプローチで駆使して解決しようとする姿勢を身につけます。また、必要な情報や技術をどのように取得するのか、自らのアイデアをどのように形にして評価するのか、成果をどのように他人に伝えるのか、どのように世の中に広めていくのかについても学びます。

具体的には、計算機システムおよび計算機ネットワークに関する知識を基礎として身につけるとともに、課題に対して実装評価、シミュレーション、理論解析など、様々な解決手段を用いた対処方法を実践して身につけます。また、学会発表はもとより、国内外における標準化活動により、開発した技術を世の中に広める手段についても学びます。企業との共同研究の機会も多く、こうした経験から、実社会における研究開発の進め方についても学習できます。

【就職先企業・職種】 情報通信業、製造業(情報通信機器)、製造業(家電機器)

研究内容

パソコンの普及やブロードバンド接続の実現により、家の中までネットワークが入って来つつあります。しかし、これらの多くはオフィス用や研究用の技術の転用であり、一般の人にとってはむしろ、ネットワーク化、IT化されたばかりに今まで使ってきた日用品や家電製品が使いにくくなってしまふ可能性すらあります。我々は、家庭内の既存機器・設備の利用。ユーザーが持っている機器に対する概念の尊重、相互接続性の重視、といった観点から、従来とは異なったホームネットワーク、情報家電に関する研究を展開しています。

プロジェクトの例

■ JAIST Video LAN

疑問：ビデオカメラがデジタルになったのなら、そのままデジタルのネットワークに接続できないの？

解決：EEE1394とATMの接続装置(家庭用はムリでも大学内ではつかえる価格のシステム)をつくろう。

成果：企業との共同研究により、開発した接続装置を商品化。大学等で広く使われるに至る。プロトコルは標準化団体に提出も、議論が盛り上がり標準化ならず。Japan Gigabit Networkにおける産業貢献賞を受賞。

■ 異種ビデオネットワーク相互接続アーキテクチャ

疑問：映像と音声を流すという目的は同じなのにコンピュータ、放送、通信など、なぜ互いにつながらないの？

解決：一番重要な基本的な部分を絞り込み、とにかく相互接続できるアーキテクチャをつくろう。

成果：通信・放送機構の産学連携プロジェクトに採択。VODサーバーからの映像を家庭用のDVデッキで視聴できたり、DV/ATMで受信できるシステムを開発。銀座ソーニールのロビーマルチスクリーンを全面借り切って商用のイベントを石川県から中継する実証実験も実施。

■ レガシーデバイスによるホームネットワーク

疑問：ネットワーク化された家電による便利な生活をするためには家中の家電を全部買い換えないといけないの？

解決：十年前に買ったラジカセとテレビもネットワーク化できるシステムをつくろう。

成果：電灯線、アンテナ線といった既存の通信路の活用と無線を利用したネットワークを構成し、赤外線制御と各電器製品の有限状態機械モデル化技術により、古い機械でもネットワークで連携動作できるシステムを開発。現在、企業と実用化に向けて検討中。

学外組織との連携

丹教授は学会におけるユビキタスや情報家電関係の研究会(情報処理学会情報家電コンピューティング研究グループ、ユビキタスコンピューティングシステム研究会、モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会、電子情報通信学会新世代ネットワークミドルウェアと分散コンピューティング時限研究会、実空間指向ユビキタスネットワーク時限研究会)の運営委員をつとめるとともに、産業界を対象としたフォーラム(スマートIoT推進フォーラム 技術・標準化分科会、宅内直給電アライアンス)などのリーダーを行なっています。

また、情報通信技術委員会、総務省情報通信審議会などの標準化組織で標準規格の制定や技術の解説書編纂などを行っており、産業界との深いつながりを有しています。



IEEE1394-ATM 接続装置 SONY TL-100として商品化

主な研究業績

1. クラウド型ホームネットワークシステム諸技術の開発とその国際標準化(ITU-T J.190, Y.2070など)
2. スマートハウスシミュレータおよびスマートコミュニティシミュレータの開発とそのオープンソース化
3. 家電を端末とするオーディオ・ビジュアルネットワーク接続装置の開発と商品化

使用装置

木造二階建て実験住宅 1棟
プレハブ実験住宅 2棟
ECHONET Lite 開発環境
大規模シミュレーション用クラスシステム
ネットワークアナライザ、ネットワーク装置、等

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/tan-lab/>

本研究室では、指導的なエンジニアの育成を目標に実際にアイデアを実現することを重視した研究を行っています。基本ソフトウェアやネットワークプロトコルなど、基礎となる知識は輪講などの座学を行いますが、研究内容に関しては企業との共同研究や産業界のフォーラム活動などを通じて現実の課題を理解し、それを解決してゆくことを通じてエンジニアとしての素養を磨きます。白紙に絵を描くように、物事の全体像を捉え、アーキテクチャから詳細、実装と見通しをつけることのできる能力の涵養を目指しています。



情報通信システムの安全性を数学的に証明する

研究を始めるのに必要な知識・能力

特に役立つと思われる知識は、線形代数、代数学、計算複雑性の理論、情報理論など。ただし最も必要とされるのはやる気と継続的努力であり、必要な知識は研究を進める上で自然と勉強して身につけていくものと考えています。

この研究で身につく能力

暗号に関わるアルゴリズムの設計法、暗号プロトコルの安全性を証明する理論が身につきます。これらの知識は、情報通信システムのセキュリティを俯瞰し、脆弱性、プロトコルの欠陥などに対して、対処療法ではない本質的な解決策を導くことに役立ちます。やる気があり、将来情報セキュリティ関係の職種につきたい人、暗号研究者になりたい人を歓迎します。

【就職先企業・職種】情報通信業、電気メーカー、ITベンチャー起業

研究内容

本研究室は、暗号の理論とその応用について研究しています。暗号理論とは、「敵」が存在するなかで目的のコミュニケーションを果たす、または必要な情報を守るにはどうしたら良いかを探求する学問です。暗号という秘匿通信の研究と思われがちですが、それは狭義の意味での暗号であり、現代の暗号研究が扱うテーマはそれより遥か多岐に渡っています(例を挙げると、ゼロ知識証明、秘密計算など)。本研究室では暗号に係わるどのようなテーマにも興味がありますが、対象を出来る限り「理論的に安全性を証明できる」やり方で取り扱います。安全で魅力的な暗号プロトコルを数多く生み出すこと、その理論を現実のシステムに反映させ、最終的に便利で安全な社会の実現に役立たせることが当研究室のミッションです。以下、本研究室で取り組むテーマを幾つか紹介します。

【公開鍵暗号の研究】

公開鍵暗号とは、暗号化鍵と復号鍵が異なる秘匿通信のシステムであり、暗号化鍵(公開鍵)を公開し、復号鍵(秘密鍵)を秘密にしておくことでそれまで何の面識も無い(秘密情報を共有していない)不特定の相手と秘匿通信を行うことが可能となります。公開鍵暗号は、現代暗号理論誕生のきっかけとなった画期的概念であり、これまで多くの設計技法が開発されてきました。過去に、指導教員が設計した、「弱い公開鍵暗号を非常に強い安全性を持つ公開鍵暗号に変換する」技法は、その効率性と汎用性により、公開鍵暗号設計の今も一つのスタンダードになっています。公開鍵暗号の研究には、暗号理論のエッセンスが詰まっています。本研究室では、公開鍵暗号の新しい設計技法の開発や、より高速な実現法に取り組みます。また、IDベース暗号、述語暗号、関数暗号などのより高機能な公開鍵暗号の研究も行います。

【汎用結合安全性理論の研究】

汎用結合安全性とは、暗号プロトコルを組み合わせたときの安全性理論です。ネットワーク上で、コンピュータが複数の外部コンピュータと通信しながら複数のプロトコルを同時に実行することは通常に起こっていることです。しかし、単独では安全な暗号プロトコルでも、組み合わせると、一般に安全性は保証されません。複数のプロトコルを組み合わせても安全性を保証するのが汎用結合性です。汎用結合性安全な暗号プロトコル同士は、どのよ

うに組み合わせても安全性が保証されます。しかし、このような強い安全性を満たし、かつ効率の良い暗号アルゴリズムを設計するのは困難が伴います。これらプロトコルの効率を上げ、実用的にすることが研究の目的です。

【高機能デジタル署名の研究】

本研究室では、デジタル署名の概念を拡張した高機能署名として、グループに属する誰かが署名したことは分かるが、グループの誰であるかは分からない(匿名性)という条件を満たしながら、同じテーマに2度署名をした場合は、誰が署名をしたか自動的に判明する追跡可能匿名署名の研究をしています。この署名は暗号通貨や電子投票に利用でき、実際指導教員の発明した署名が現実の暗号通貨の一つに使われています。

【耐量子計算機安全な暗号プロトコルの研究】

量子計算機が仮に出現すると、既存の暗号部品の多くは安全性の根拠を失います。最近、米国のNISTは量子計算機に強い暗号部品への代替え機運を高めようという動きを強めています。このような、量子計算機に強い次世代の暗号部品や暗号プロトコルの研究を行います。

【暗号理論からネットワークプロトコルへのアプローチ】

TLS/SSL、SSHなど既存のプロトコルを暗号理論の観点から解析します。セキュリティの理論的基盤が脆弱もしくは不明な情報システム・サービスに対して、現実の仕組みを尊重して、どこまでのものが守れるのかを評価し、変更すべきものの優先順位を検討します。また、最小の変更で最大の効果を上げるにはどうしたらよいかを研究します。

主な研究業績

1. E.Fujisaki, "All-but-many encryption", Journal of Cryptology, Vol 31, Issue1, pp 226-275, January 2018.
2. E.Fujisaki and K.Xagawa, "Public-Key Cryptosystems Resilient to Continuous Tampering and Leakage of Arbitrary Functions", In ASIACRYPT 2016 (1), pp.908-936.
3. E.Fujisaki and T.Okamoto, "Secure integration of asymmetric and symmetric encryption schemes", Journal of Cryptology, Vol 26, Issue1, pp 80-101, January 2013

研究室の指導方針

本研究室は、将来の優秀な暗号や情報セキュリティの研究者、開発者を育成することを目標にしています。学生は、まず暗号理論の基礎を指導教員の指導のもと勉強します。その上で、最新の研究文献を英語でしっかり読むこと、どのように課題を抽出し、それを解決するかという研究の基本を学びます。最後にアイデアを論文としてアウトプットし、どのようにプレゼンするかを経験することで、研究者としての基本サイクルを学びます。オーソドックスですがこれをしっかりこなすことが実力向上の近道です。本研究室では研究が加速するように多くの優秀な外部研究者との接触の機会が持てるよう取り計らいます。そこで自分のアイデアを話しフィードバックを得られたときが、このコミュニティのネットワークにあなたが組み込まれたということです。



信頼できるソフトウェアを 実世界に組み込む

研究を始めるのに必要な知識・能力

数学の基礎知識、プログラミング能力、英語文献の読解力があるのが望ましいです。論理的な(人間同士の)対話能力と、目標達成のために地道に努力する能力を備えた学生を歓迎します。

この研究で身につく能力

次世代のセーフティクリティカルシステム(例：自動車、ブロックチェーン)を設計・実装・検証するための理論・技術を学修します。研究テーマの本質的な問題点をとらえ、適切に対策を打ち出す能力を身につけます。扱う理論・技術について国際的な研究開発コミュニティ内での位置付けや歴史を知り、広い視野に立ち研究する能力を磨きます。研究テーマに関して何らかのソフトウェアを構築し、現実的な例題に対して実践可能にすることを目指します。また、研究成果の対外発表を通して専門内外の人々に論理的に説明する能力を身につけます。

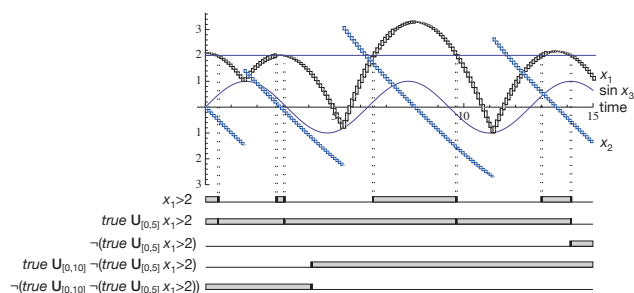
【就職先企業・職種】ソフトウェア産業、製造業、スタートアップ企業

研究内容

たとえば自動車やロボットといったシステムを、連続変化と離散変化をするハイブリッドシステムと見立て、その高水準・高信頼な設計・実装・検証を可能とする手法について研究しています。また、そのための道具として、数値的な制約(例：連立不等式)を宣言的に記述し、高信頼な求解をおこなうための数値制約プログラミング技術の研究に取り組んでいます。

(1)連続・離散ハイブリッドシステムのモデリング・シミュレーション・検証

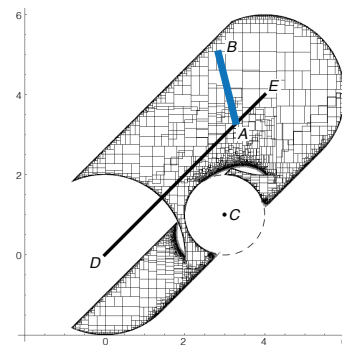
ハイブリッドシステムを直感的に記述するためのモデリング言語について研究しています。ハイブリッドオートマトン、時相論理式などの形式的な言語や、産業界で用いられる Simulink などを対象とし、各言語の意味論や相互の関係を明らかにしてきました。記述したモデルについて振る舞いをシミュレーションしたり、網羅的にテスト・検証したりすることが重要です。不定値や数値誤差を区間値で包含しながらシミュレーションするための手法や、シミュレータを利用してテスト・検証を実施するための手法について研究しています。



ハイブリッドシステムのシミュレーションと検証

(2)数値制約プログラミング

実数変数をもつ制約について、探索と数値計算を用いて充足解・最適解を求める制約ソルバーの開発に取り組んでいます。提案するソルバーは区間解析に基づくのが特徴で、結果の精度保証をしたり、不定値を含んだまま求解したりすることが可能です。ロボティクスへの応用やソルバーの並列化などにも取り組んでいます。



数値制約充足問題の求解

(3)数値計算プログラムの検証

上記のシミュレータや制約ソルバーの信頼性を高めることを目指し、プログラム検証に取り組んでいます。SMT ソルバーや定理証明支援系を用いてその正しさを示しながら、浮動小数点数演算や複雑な制御構造を含んだプログラムを実践的に構築していく研究を行っています。

主な研究業績

1. D. Ishii, N. Yonezaki, A. Goldsztejn. Monitoring Temporal Properties using Interval Analysis. IEICE Trans. Fundamentals, E99-A(2):442-453, 2016.
2. D. Ishii, A. Goldsztejn, C. Jermann. Interval-based projection method for under-constrained numerical systems. Constraints, 17(4):432-460, 2012.
3. T. Yabu, D. Ishii. Machine-Aided Verification of Four Interval Arithmetic Operators. Proc. SCAN Conf., pp. 176-177, 2018.

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.dsksh.com>

研究者が行う作業(例：サーベイ、問題の定式化、システム開発、実験、対外発表)を各メンバーがひと通り体験し、それら作業のための基本的能力を身につけることを目指します。研究では、対象システム(例：自動車、ロボット、数値計算プログラム)に関して何らかの解析をおこなう方法論やツールを開発します。システムを設計・実装するとともに、メタな仕様記述等を用意し、当該システムの機能・振る舞い・性能・品質等を他人に論理的に説明できることが大事だと考えています。



複雑なソフトウェアの仕組みやはたらきを視覚的にわかりやすく表現します

研究を始めるのに必要な知識・能力

C/C++/Java などどれか1つのプログラム言語によるプログラミング(授業科目「プログラミング基礎」相当)

この研究で身につく能力

最初に WEB 技術を用いた最新のソフトウェア開発方法論(やりかた)を体験し、問題点を自分で発見してもらいます。次にアスペクト指向やアーキテクチャ指向などのソフトウェア工学の最先端の技術に基づく開発を体験します。これらを通じソフトウェアやその開発方法自体を客観的に評価する、すなわち与えられた要求を単に満たすだけでなく、「より速く」「より正確で」「より変更しやすい」「よりわかりやすい」性質をもったソフトウェアを作成するにはどうしたらよいかを考える能力を習得します。これらの研究を通じ、現在の産業界において即戦力となりうる知識と経験のみでなく、その根底にある理論を理解する能力、および5年後、10年後に要素技術が変化したとしてもそれらを理解/応用し時代に適応する能力を身につけることができます。

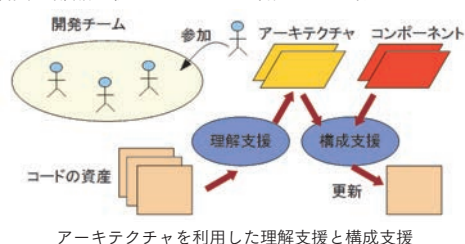
【就職先企業・職種】 情報通信企業、ネットワーク管理運営企業、組み込みシステム企画/開発企業など

研究内容

当研究室では大きく「ソフトウェアの理解」と「ソフトウェアの(再)構成」の2つのテーマについて開発者を支援する環境やツールの研究を行っています。

- (1) 理解支援とは現在あるソフトウェアの仕組みと働きを理解し、新しい機能の追加や新しい環境上で実行させるために修正が必要となる箇所や内容を開発者に示唆する活動です。最近では WEB 技術の発達とスマートフォンなどの小型端末の性能向上によりスタンドアローンで動作していたシステムをネットワーク上で動作させる要求が高まっています。また自動車などに代表される組み込みシステムでは機能の多様化と高度化によりそのソフトウェアの規模はここ5年間で約1万行から約100万行まで急激に増加しています。膨大な量の情報から開発者が必要とする情報を的確に抽出するにはフィルタリングの技術が重要です。従来のフィルタリングでは変数/関数名などの文字情報に基づくものがほとんどであり、抽出結果に不要な情報が多いなどの問題点がありました。これに対し変数と関数には引数や戻り値、関数同士では呼出し元/呼出し先といった「プログラムの構造」に対応したフィルタリングを行うことで精度を高める研究を中心に行っております。またプログラムの意味を変えずに構造をわかりやすくすること(リファクタリング)によって、複雑になりすぎたプログラムを改善し次の変更に備えることができますようになります。改善可能な構造の発見支援も重要な研究課題です。
- (2) 構成支援とは新しくソフトウェアを作成する際に必要となる作業として「ソフトウェアの部品」と「組み合わせ方」を開発者に示唆する活動です。最近では何もなしから数万行のソフトウェアを開発することは現実的ではなく、基本的な機能を実現したソフトウェア部品(コンポーネント)を利用するのが一般的です。コンポーネントはその機能により数十行から数千行まで多種多様ですが、いずれも使い方(インターフェース)が決められており、正しく組み合わせないと動作しない点は共通です。従来のプログラム言語では組み合わせの方法が限定されており、例えば関数の引数と戻り値のデータ型が一致していれば問題なく動作していました。しかし最近の言語で記述されたものはデータの型以外に

も様々な情報を含んでおり、それらの整合性の検査を人手で行うのは現実的ではありません。さらに日々刻々と変化するネットワーク環境においてコンポーネントを動作させるためには、接続のための情報も更新していかなければなりません。これらの実現にはアスペクトという技術が注目されています。アスペクトとは複数の構成要素の間で連動して追加や更新が必要となる情報を管理するための仕組みであり、従来技術で開発された部品からアスペクトを抽出し部品を使いやすくする研究なども行っております。



主な研究業績

1. 鈴木正人：「PBL 形式による組み込みシステム教育事例ープロセス適応による品質特性の実現ー」ソフトウェア技術者協会/情報処理学会 SEA ソフトウェアシンポジウム2013
2. 海津 智宏、磯部 祥尚、鈴木 正人：SDVerifier: プロセス代数 CSP を用いたシーケンス図検証ツール、コンピュータソフトウェア, 2015年第2号, 日本ソフトウェア科学会
3. Lin Wang, Tomoyuki Aotani, Masato Suzuki : Improving the quality of AspectJ application translating name-based pointcuts to analysis-based pointcuts, Proceeding of 14th International Conference on Quality Software (QSIC2014), IEEE

使用装置

エレベータ動作模型(電子ブロック機器製造製)
組み込みシステム開発実習装置(レゴマインドストーム EV3, Arduino)

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/~suzuki/>

私達の使命は「ソフトウェア工学を適用して産業界に有用な知見を提供可能な学生を輩出する」ことです。ソフトウェアおよびその開発保守は高度な知的活動であり、常に変化・改善を求められています。新しいものを創り出す楽しさを理解したうえで、理論と実践のバランスを意識しながら研究活動を進めていきます。「作って動けば終わり」ではなく、「なぜそうなるのか」「もっとよい方法はないか」「これを作る/使うことで私達の生活はどう変わるのか」といったソフトウェアに対する客観的で幅広い視点を習得することを指導方針としています。



高性能コンピュータを作ろう

研究を始めるのに必要な知識・能力

「計算機構成とインタフェース」、「計算機アーキテクチャ特論」、および「オペレーティングシステム特論」の知識を基に研究を行います。コンピュータの動作原理の理解と高性能化・低消費電力化に対する意欲が要求されます。また、ほとんどの研究でプログラミングが必要となります。

この研究で身につく能力

大学院での修士・博士研究を遂行することにより、調査、問題発見、立案と計画書作成、実装、評価、論文(報告書)作成、プレゼンテーションといった、将来の仕事において様々な場面で必要とされる能力を凝縮した形でトレーニングすることができます。特にこの研究室では、計算機ハードウェアの論理設計を経験することにより、オブジェクト群の並行動作(システム全体)をイメージする力と、それを実現するためのオブジェクト設計(個々の問題解決)能力が養われます。

【就職先企業・職種】 情報通信・情報処理産業

研究内容

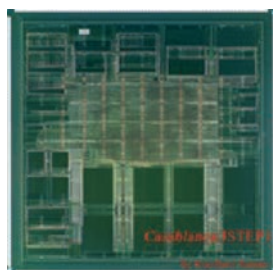
我々の生活環境において、携帯電話、家電製品、ネットワーク機器、自動車など、いたるところにコンピュータが組み込まれており、これらのほとんどでリアルタイム性が要求されています。従来のリアルタイム組込みシステムは機器の急速な普及と高機能化・グローバル通信化にともないIoT (Internet of Things)やCPS (Cyber-Physical Systems)といったパラダイムへ発展しつつあります。本研究室ではハードウェアと基本ソフトウェアの両面から効率の良いリアルタイム処理を実現する方式を研究します。実際にシステムを設計・実装することによる実証的な研究を目標とします。

■リアルタイム組込みシステムの実現

あらゆる組込みシステムにおいて共通して使用されるコンポーネントである制御用プロセッサ、メモリ制御、および基本ソフトウェアであるリアルタイムオペレーティングシステムの研究開発を行っています。

組込み用リアルタイムRISCプロセッサ

組込みシステムに使用されるプロセッサは低コスト、低消費電力であることが要求されますが、加えて制御・通信機器などでは高速な応答性能が重要となります。我々は従来のRISC型プロセッサアーキテクチャを拡張し、マルチコンテキストアーキテクチャと低コスト・高効率キャッシュメモリによる高速割り込み応答機構を実現する組込みRISCコアを研究し、独自設計のLSIを開発しています。



リアルタイムオペレーティングシステム

リアルタイムシステムでは時間制約を満たすことに加え、重要なタスクの応答性が重視されます。リアルタイムタスクの応答性向上のためには、オペレーティングシステムが行うタスクスケジューリング方式の選択が重要です。本研究室ではITRON等の従来の組込みOSが提供するシステム開発のためのインタフェースを保ちつつ、更にタスク実行時に動的に変化する各種時間属性を考慮して、可能な限りリアルタイム性を向上させる適応型スケジューリング法を提案・評価し、本スケジューリング方式を実現するリアルタイム組込みOSを研究開発しています。

■Network-on-Chip

半導体技術の停滞によって、今日のコンピューティングシステムは性能と電力効率の更なる向上のために、チップに多数のコアを集積するメニーコアプロセッサやアクセラレータなどのアプローチに移行しています。これらのコンピューティングデバイスではモジュール間の通信が重要であり、高性能な大規模ネットワークオンチップ(Network-on-Chip, NoC)が必要とされます。しかし、高精度かつ高速なモデリングの手法が確立されていないため大規模NoCの研究開発が困難になっています。そこで我々は再構成可能ハードウェアであるFPGAを用いて、大規模NoCの高精度かつ高速なモデリング手法を研究開発しています。

■その他の研究

本研究室ではその他、機械学習ハードウェア、ハードウェア・基本ソフトウェア(OS)に対するコンフィギュレーションによるアプリケーションへの適応化手法、FPGA上でのマルチコア・ソフトプロセッサアーキテクチャ、低消費電力アーキテクチャ、自動運転のための仮想ECU技術、RISC-Vプロセッサなどの研究を実装を含めて行っています。

主な研究業績

1. D.Doan, K.Tanaka, "A Novel Task-to-Processor Assignment Approach for Optimal Multiprocessor Real-time Scheduling," Proc of IEEE Intl. Symp. on Embedded Multicore/Many-core Systems-On-Chip (MCSOC), pp.101-108, 2018. (Best Paper Award)
2. T. V. Chu, S. Sato, and K. Kise, "Fast and Cycle-Accurate Emulation of Large-Scale Networks-on-Chip Using a Single FPGA," ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems, Vol. 10, No. 4, pp.27.1-27.27, 2017.
3. K. Tanaka, "Real-Time Scheduling for Reducing Jitters of Periodic Tasks," Journal of Information Processing, Vol.23, No.5, pp.542-552, 2015.

使用装置

Linux/Solaris サーバ群およびストレージ
FPGA 開発環境・各種FPGA 評価ボード
各種設計CAD/ 検証ツール
各種計測器(オシロスコープ、ロジックアナライザ、等)

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://tlab-web.jaist.ac.jp:8080/>

本研究室では、週一回の研究室ゼミ、および毎日の個別ミーティングにより研究を進めます。研究室ゼミでは、参加メンバー共通の課題を扱い、文献を読み解く力と自身の言葉で説明できる力を養います。個別ミーティングでは短期的目標を設定し、それを達成するための方法に関する議論、および達成度に関する報告を行います。教員は方向性の設定、修正についてアドバイスをしますが、個々の問題に対する解決法は学生が自ら考えることを重視します。



For Forthcoming Research on Wireless, Sensor and Energy

研究を始めるのに必要な知識・能力

The basic knowledge of English, Mathematics, and Communication Systems and Networks is required. The skills of interpersonal communication, programming, oral presentation, information gathering and interpretation, and caricature drawing are also required.

この研究で身につく能力

Students will be able to explain their research work clearly and systematically in the fields of wireless communication and networks. Students also will gain much confidence in their own research work with new, innovative and fruitful ideas of both future wireless and sensor domains. In addition, students will be able to express their firm opinions and perform logical discussions among diverse students, scholars, scientists and researchers in wide range of disciplines.

【就職先企業・職種】 情報通信・IT 産業・技術コンサルタント会社など

研究内容

The wireless world never stops growing. This results many people are connected wirelessly with mobile devices that allows them to keep up with the up-to-date information. The next largest breakthrough will be the sensory swarm, which enables more pervasive wireless networking and the vast deployment of sensors and actuators. The sensory swarm gives rise to the emergence of cyber-physical systems concept, which comprises the information-gathering network that would feed the massive information technology core with mountains of raw data to be processed and spun back out to us on our portable computing devices and laptops in a timely manner. These wirelessly sensors and actuators will be quite complex, requiring self-contained radio frequency, digital circuitry, clocks, and processing engines. Thus, it inspires architectures that will afford an order-of-magnitude improvement in efficiency and resource management. Our disciplinary research focuses on cyber-physical systems, sensor network system and wireless communications.

1. Cyber-Physical Systems (CPS)

CPS contributes to safety, efficiency, comfort and human health, and help solving key challenges of our society, such as the ageing population, limited resources, mobility, or the shift towards renewable energies. One example of CPS applications is a smart home automation for comfort control. In smart homes, appliances, devices, sensors, and actuators are expected to assist people live on their own comfortable, relax, restful, and pleasant.



Figure 1: CPS integrates cyber world and real world

2. Wireless Network Coding (WNC)

WNC refers to a technique where a wireless device is allowed to generate out-

put data by mixing its received data. The unique characteristics of wireless medium renders WNC particularly advantageous, e.g., this technique can be used to achieve the minimum energy-per-bit for multicasting in a multihop wireless networks. In recent, this technique has been developed into a data link layer. The WNC engine in the data link layer can opportunistically mix the outgoing packets to reduce the transmissions in the air.

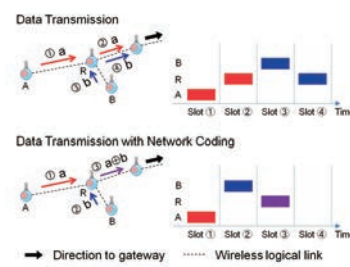


Figure 2: Data transmission using WNC technique

主な研究業績

1. Y. FANG, Y. LIM, S.E. OOI, C. ZHOU, and Y. TAN, "Study of human thermal comfort for cyber-physical human centric system in smart homes," *Sensors* (EISSN 1424-8220), Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) vol. 20, no. 2: 372, January 2020
2. Z. YANG, Y. LIM, and Y. TAN, "An accident model with considering physical processes for indoor environment safety," *Applied Sciences* (EISSN 2076-3417), Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) vol. 19, no. 22: 4732, November 2019
3. S. SHAH, S. KITTIPIYAKUL, Y. LIM, and Y. TAN, "Collaborative resource management for negotiable multi-operator small cell networks," *Sensors* (EISSN 1424-8220), Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI) vol. 19, no. 16: 3550, August 2019

使用装置

学内のスーパーコンピュータ (Cray XC40)
学内のシミュレータテストベッド むるぶし

研究室の指導方針

Our vision is to become an exemplary laboratory of top-class renowned research group for both students and scholars through the pursuit of excellence in mentoring, innovation and research. Our mission is to apply and advance knowledge strategically and innovatively to explore the research domains, wireless communication and smart sensor environmental, which have enormous potential to change the way people and things communicate.

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/lim-lab/>



サイバーレンジの自動構築や制御を研究しています

研究を始めるのに必要な知識・能力

様々なシステムへの興味、意思表示ができる程度の語学能力、議論に登場した単語や図表をメモに残す能力。プログラムは書けた方が有利です。想像力が豊かであればなお良いでしょう。

この研究で身につく能力

多数のコンピュータやネットワークを使うので、システム把握能力が身につきます。運用を通してトラブルシューティングに必要な解析能力・論理的思考も身につきます。CLI を使える人材は絶滅危惧種として重宝されるでしょう。本務である研究開発を通してプログラミング能力・論理的記述能力や説明図描画能力が備わります。実験をくり返すことでシステム構築・運用の工数把握能力が養われます。

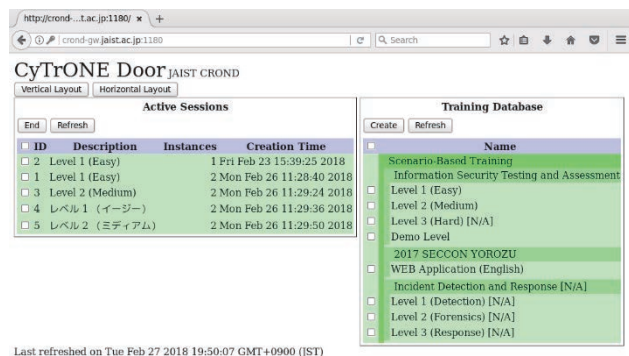
【就職先企業・職種】電機メーカー、ネットワークプロバイダやキャリア、サイバーセキュリティ企業、およびその系列企業

研究内容

[サイバーレンジ]

ネットワークが人命や財産に関わる時代ですから、様々なセキュリティの活動が行われています。サイバーレンジは攻撃や防御の技術の演習場です。閉じた環境で攻撃や防御を繰り返し実施します。我々はネットワークテストベッド(後述)の延長としてサイバーレンジの構築・制御技術に取り組んでいます。

効率良く演習を行うためには短い時間での構築が必要です。そして自動的に構築できることが望まれています。我々はペウラン研究室と共同でセキュリティ演習支援システム CyTrONE を開発しています。本システムでは仮想化技術などを用いて、数多くの通信主体を含んだサイバーレンジを生成します。なお、使いやすさを向上するため演習主催者向け GUI も開発しました。



Last refreshed on Tue Feb 27 2018 19:50:07 GMT+0900 (JST)

我々は演習内容に関する研究にも取り組んでいます。典型的な演習にクイズ型セキュリティ演習があります。クイズ型では同じ正解を使う場合が多いのですが、正解が同じでは不正利用される恐れがあります。このような恐れがあると講義や資格試験に利用するには不安が残ります。そこで、我々は正解を変化させる「多様化」の技術を開発しました。サイバーレンジに存在する正解を多様化させ、その結果をクイズの正解に導入します。

[ネットワークテストベッド]

サーバの研究では様々なテストが必要です。そのテストには多数のクライアントが必要で、そのクライアント群を複雑に制御せねばなりません。このようなテスト向けの施設(テストベッド)の構築・制御技術に取り組んでいます。既存のツールでは構築や制御が困難であることから、テスト状況やテスト手順を記述する言語やその処理系を開発しました。

[サーバ技術]

現代はネットワークサービスの時代です。サーバの性能向上は社会を便利にします。我々はサーバ高性能化および構築・運用に関する技術に取り組んでいます。特に WWW に関しては、大規模化や先読みを開発して大きな成果をあげました。

主な研究業績

- 小林朋幸、菊地 聡、知念賢一、宮地利幸、三輪信介：「テストベッドにおけるマルチキャストによるディスクイメージの配布」、pp.1136-1144、DICOMO2015[優秀論文賞]
- 村本衛一、香林 誠、石井秀教、明石邦夫、知念賢一、篠田陽一：「無線網に対応した実時間映像音声伝送制御の検証のための時間推移ネットワークエミュレーション」、インターネットコンファレンス2014[論文賞]
- 知念賢一、砂川真範、ラズバン ペウラン：「クイズ型セキュリティ演習における正解の多様化 — CyTrONE における実例 —」、信学技法 IN2018-153、Vol.118、No.466、pp.415-420、宜野湾、電子情報通信学会、2019

使用装置

(学外)NICT 北陸 StarBED 技術センター；PC1000台以上
(学内)ネットワークテストベッド「むるぶし」；PC20台以上
(学内)研究室内 PC、スイッチ、ルータ他機器多数

研究室の指導方針

コンピュータやネットワークを中心に学生本人の興味があるテーマを修士論文に採用します。メンバーが少数なので他の研究室と合同でゼミや輪講を実施しています。年度によって異なりますが、これまでは篠田・丹・敷田研究室と実施しました。また、NICT や同分野に取り組む他大学などの外部組織とのミーティングも年に2回程度実施してきました。

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/~k-chinen/>



ネットワークと人々の安全を確保

研究を始めるのに必要な知識・能力

We welcome students with interests and abilities related to networks, in particular network security, who also have good programming and/or mathematical skills. Independent thinking and a strong motivation to learn and develop oneself are a must.

この研究で身につく能力

Students who graduate from our lab will have deep knowledge regarding networks and network security. They will be able to develop network-related software, and to perform various kinds of network experiments and assessments. Through their involvement in cybersecurity education and training activities, the students will gain hands-on network security experience; thus, they will become able to deal with cybersecurity issues in the real world. Their English paper reading and writing, as well as presentation skills will also improve significantly.

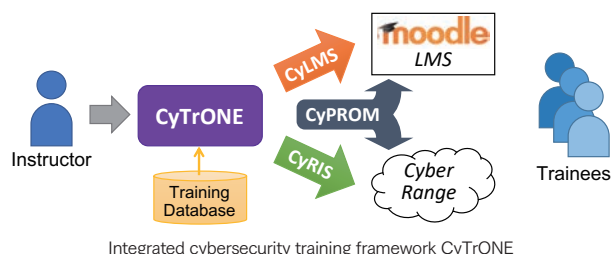
【就職先企業・職種】 サイバーセキュリティや情報通信産業・IT 産業

研究内容

People have become more and more reliant on the Internet for daily communication. In addition, networks are and will be used more and more to improve people's quality of life in the context of smart homes, but also in the area of industrial automation. This will lead to a world in which devices and people are all connected together via the so-called "Internet of Everything" (IoE). However, while network communication makes life more convenient, it also exposes users to risks that they must be aware of, such as malware, phishing, etc.

Cybersecurity training

Current and future IT professionals and security experts must possess all the knowledge and skills required in order to properly handle computer security incidents. These can be acquired only partially through theoretical lectures, and it is of utmost importance to have practical experience with actual security threats in order to be able to deal with such issues in an efficient and timely manner. This kind of experience can only be obtained in *cyber ranges*, which are realistic environments for cybersecurity training. For this purpose, we are developing an integrated cybersecurity training framework, named CyTrONE, that makes it possible to easily manage both the training content and the associated training environment.



Security awareness training

However, cybersecurity is not a topic that only IT professionals need to be concerned with. Regular IT users as well must be aware of the potential security risks they are faced with during their daily use of computers, smart phones, tablets. Moreover, many of today's homes are equipped with IoT devices, such as wireless routers and IP cameras, which also should be managed responsibly from a security point of view.

Consequently, as a second main direction, we conduct research on the use of novel methodologies for education and training aimed at improving the security awareness of regular IT users. For instance, the use of adaptive learning ensures that training content suits the abilities of the learners and helps motivating them to study harder. Moreover, gamification techniques help with making the training activities more attractive and facilitate the learning process.

主な研究業績

1. R. Beuran, D. Tang, Z. Tan, S. Hasegawa, Y. Tan, Y. Shinoda, "Supporting Cybersecurity Education and Training via LMS Integration: CyLMS", Springer Education and Information Technologies, November 2019, vol. 24, no. 6, pp. 3619-3643.
2. R. Beuran, D. Tang, C. Pham, K. Chinen, Y. Tan, Y. Shinoda, "Integrated Framework for Hands-on Cybersecurity Training: CyTrONE", Elsevier Computers & Security, vol. 78C, June 2018, pp. 43-59.
3. R. Beuran, C. Pham, D. Tang, K. Chinen, Y. Tan, Y. Shinoda, "Cybersecurity Education and Training Support System: CyRIS", IE-ICE Transactions on Information and Systems, vol. E101-D, no. 3, March 2018, pp. 740-749.

使用装置

StarBED 大規模ネットワークエミュレーション施設
<http://starbed.nict.go.jp/>

研究室の指導方針

We aim at providing a dynamic research environment in which students can increase their knowledge, learn new skills, and develop new abilities. We lay a strong emphasis on putting theoretical knowledge into practice, and on hands-on experience with various aspects of networks and network security. We consider the development of communications skills to be extremely significant, hence presenting and publishing one's work are highly encouraged and supported.

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/beuran-lab/>

講師：富田 堯

(TOMITA Takashi)

E-mail: tomita@jaist.ac.jp

[研究分野] 形式手法、計算機科学、ソフトウェア工学

[キーワード] モデル検査、プログラム検証、仕様検証、モデル生成、プログラム生成、テスト生成



ソフトウェアの高安全化・高信頼化を目指して

研究を始めるのに必要な知識・能力

基本的な数学知識、情報リテラシ、IT スキル及び論理的な思考能力を持っていることが必要です。また、研究テーマによっては、プログラミングスキルや計算理論、数理論理、確率・統計等の基礎知識を持っていることが望ましいです。

この研究で身につく能力

ソフトウェア／システムを分析・開発するための数学的な理論及び技術と、問題の本質を認識・整理するための抽象的・構造的な思考能力を身に付けることができます。また、そうした理論及び技術を組み合わせ(または必要に応じて拡張し)、問題を合理的に解決する手法を提案できるようになります。

研究内容

[形式手法]

形式手法とは、数学を基盤とした言語・技術・ツールを用いてソフトウェア／ハードウェアの仕様記述・開発・検証を行う手法群です。

数学を基盤としていることから安全性・信頼性を厳密に保証することができ、自動車・航空機・宇宙機の制御ユニットや OS、航空・鉄道管制系、CPU、暗号・通信プロトコル、医療機器などの高安全・高信頼が求められるシステムの開発・検証にしばしば適用されています。しかし、基盤技術に理論的限界(計算不可能性や計算困難性)があるため、実践応用のためには抽象化・近似・緩和等の技法を利用することや複数技術を組み合わせることなど、様々な工夫が必要です。

我々は形式手法の適用範囲を広げるための基礎技術開発や実製品の開発・検証への応用、他分野への応用の研究を行っています。

[基礎技術の開発]

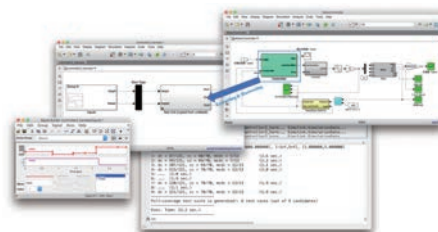
より広範に形式手法を適用できるように、システムの仕様記述・開発・検証の基礎技術／アルゴリズムの提案・拡張等を行っています。

- ・仕様記述言語
 - 数理論理：命題／述語論理、(確率／利得)時相論理[3]
 - 形式言語：ω正規言語、領域特化言語[2]
- ・検証技術／生成技術
 - プログラム検証：プログラムが仕様を満たすか検証[2]
 - モデル検査：システム／プログラムを抽象化したモデルが仕様を満たすかを検査
 - * 確率的／統計的モデル検査
 - 仕様検証：仕様に不備がないか検証
 - * 充足可能性(無矛盾性)判定
 - * 実現可能性判定／最適合成[3]
 - テスト自動生成：システムの機能／構造を動的検査するためのテストケース1式を自動生成[1]

[実製品の開発・検証への応用]

企業との共同研究を通して、形式手法の理論と実応用の間のギャップを埋める技法・手法を開発し、産業界に展開可能な実践的な形式手法の確立を目指します。

- ・ Simulink モデルのカバレッジテスト自動生成技術の開発[1]
- ・ 組み込みソフトウェアのコーディング標準／ハードウェアマニュアルへの準拠性検査技術の開発[2]



製品化されたテスト自動生成ツールのプロトタイプ[1]

主な研究業績

1. Takashi Tomita, Daisuke Ishii, Toru Murakami, Shigeki Takeuchi, Toshiaki Aoki: *Template-Based Monte-Carlo Test-Suite Generation for Large and Complex Simulink Models*, IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E103-A, No. 02, pp. 451-461, 2020.
2. Thuy Nguyen, Toshiaki Aoki, Takashi Tomita, Junpei Endo: *Integrating Static Program Analysis Tools for Verifying Cautions of Microcontroller*, 26th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC 2019), pp. 86-93, 2019.
3. Takashi Tomita, Atsushi Ueno, Masaya Shimakawa, Shigeki Hagi-hara, Naoki Yonezaki: *Safraless LTL Synthesis Considering Maximal Realizability*, Acta Informatica, Vol. 54, Issue 7, pp. 655-692, 2017.

使用装置

検証ツール(モデル検査器, SAT / SMT ソルバ等)
モデル化ツール(MATLAB / Simulink, UML 等)

研究室の指導方針

論理的／抽象的／構造的な思考・議論を実践できるように指導します。そのような思考・議論を重ねることで、問題の本質を認識・整理したり合理的な解決法を検討したりできるようになるはずです。
(必要であれば大雑把な提案はしますが)研究の具体的な目標・計画・課題・アプローチ・解決法の検討や問題解決のための知識・技術の修得については、学生本人に1研究者として主体的・継続的に行ってもらいます。検討や学修の方向については定期的に実施するゼミ等での議論を通して助言します。

知能ロボティクス領域

論理的知識表現と知覚認知技術による
知的エージェントとしてのロボット工学研究

■ 領域の概要

計算機科学の究極の目標の一つにヒューマノイド・ロボットがあります。ロボットは近年災害救助や介護などさまざまな局面で人間の補助をすることが期待されています。このときロボットには、機械的にスムーズな動作を実現するという側面とともに、人間のような知能を持つという側面も求められます。本領域ではこの両面を橋渡しし、機械工学・制御工学に基づくロボット工学から、人間のように固有の知識と推論機能を持ち、コミュニケーション機能を有するエージェントの研究をカバーします。すなわち、パーセプション・アクション・サイクルや歩行と言った知覚認知体としてのロボットの研究、人間の思考の基盤をなす数理論理学、ソフトウェアによる推論機能の実現、分散・並列システム、そして人工知能によるエージェント間通信の実現と言ったテーマに学際的に取り組み、社会に貢献します。

■ キーワード

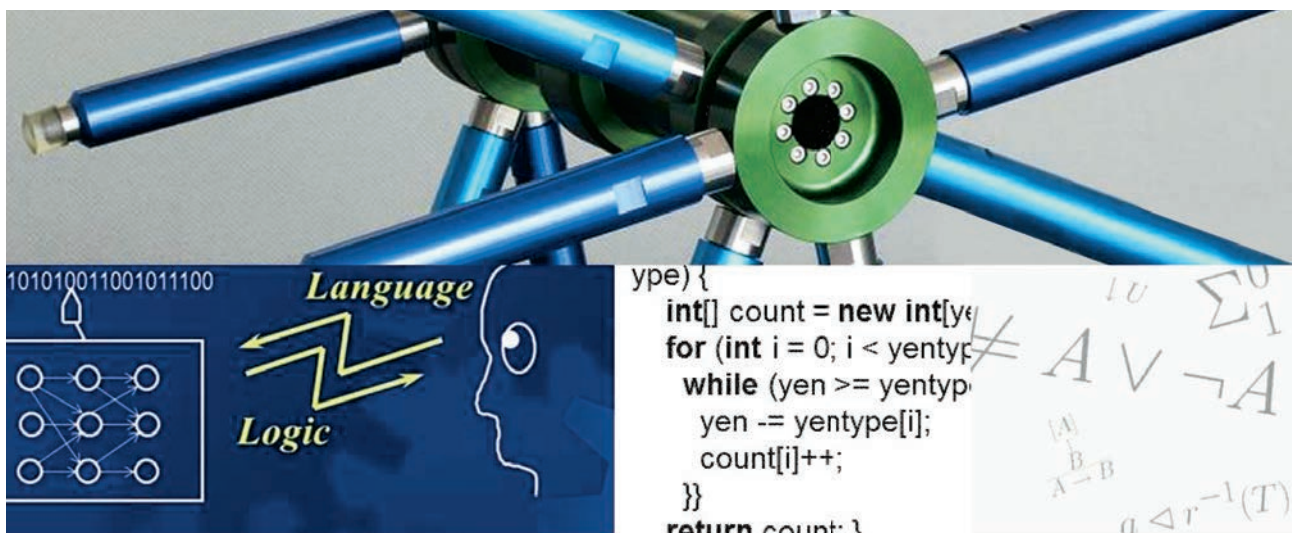
人工知能、ロボティクス、機械力学、制御工学、数理論理学、ソフトウェア科学、分散システム

■ 教育研究の方針

本領域は、(a) 情報科学の根幹をなす数学と英語によるディスカッション・ライティングスキル、(b) 常に短期的・長期的なマイルストーンを立てる研究のプランニングの方法論、(c) 徹底的なサーベイに基づく自分の貢献の明示化をもって最終的な研究成果を仕上げるプロセスを修得し、将来の研究者・社会におけるリーダーの育成を目指します。

■ 就職実績

アドバンスト・アプリケーション(株)、(株)NTT ファシリティーズ、シャープ(株)、総合警備保障(株)、ソニーイーエムシーエス(株)、(株)デンソー、(株)デンソーウェーブ、(株)東洋経済新報社、(株)ニフコ、パナソニック(株)、富士通(株)、本田技研工業(株)、(株)レコチョク 等



(上段) ロボットの歩行軸部の模型

(下段) その基礎理論となる人工知能の概念、ソフトウェア、数理論理学



計算から論証へ

研究を始めるのに必要な知識・能力

数学としては高校・大学初年程度で学習する(数学的)帰納法や集合に関する理解、発展的には授業科目「基礎論理数学」に関する理解、しかし何よりも数学を使って世界を理解することに興味を持っていること。

この研究で身につく能力

この研究で身につく能力を一言でいうと「論証」力である。高校や大学では、計算や式の変形によって解答を導くことが多かったと思うが、それとは次元の異なる問題解決の手法である論証を自由に使いこなすことを目指す。基礎的な英語の教科書を読むことを通して、論証を身につけるとともに数学をはじめとする理論分野の文献を正しく読む力を養う。ついでに、英語の文献を読む能力を養う。また、論証を「証明」として書き下す経験を通して、論理的に表現する能力や論理的な文章を書く能力を身につける。さらに、研究発表においては(論理的な)プレゼンテーション能力の訓練を行う。

【就職先企業・職種】 情報通信・情報処理・出版など

研究内容

数学と情報科学にまたがる学際的領域の研究を行っています。数学としては、数理論理学、数学基礎論、情報科学としては、数理情報科学、理論計算機科学に分類されます。特に、構成的数学、数理論理学、計算の理論を中心に研究を行っています。

構成的数学

ある解を求めるコンピュータ・プログラムはその解の存在の証明と見ることができます。しかしながら、通常の数学での解の存在証明はその解を求めるプログラムが実装できることを保証しません。解の存在証明がそのまま解を求めるプログラムに対応する数学として構成的数学があります。構成的数学は、Brouwer の直観主義数学に始まり、Heyting や Kolmogorov により形式化された直観主義論理を用いています。Hilbert 空間、Banach 空間、超関数論などの関数解析学や、その基礎を与える neighbourhood space、formal topology、basic pair などの位相空間論を構成的数学の枠組みで研究しています。また、構成的数学の基礎付けとして、構成的集合論、特に Martin-Löf の型理論で自然に解釈できる可術的な集合論 CZF を中心に研究を行っています。さらに、通常の数学(古典的数学)、Brouwer の直観主義数学、Markov の構成的数学など様々な哲学のもとに展開された数学を、統一的な視点から論理的原理や関数の存在公理により分類し、整理し、体系化することを目指して構成的逆数学を提唱し、研究を推進しています。

数理論理学

構成的数学で用いる直観主義論理の証明論や意味論を研究しています。直観主義論理の証明とプログラム(ラムダ計算の項)の間には、Curry-Howard の対応と呼ばれる自然な対応があり、証明からプログラムを合成できます。そのためのシステム(ミュンヘン大学の Minlog システムなど)が開発されています。古典論理と直観主義論理の関係を明らかにし、古典論理の証明から直観主義論理の証明を取り出し、プログラム合成を行うための基礎研究を行っています。また、線形論理に代表される、部分構造論理の証明論や意味論の研究も行っています。

計算の理論

計算可能性理論や計算の複雑さ理論の研究と、それらと構成的数学の関係の研究を行っています。多項式時間計算可能関数などの計算可能関数の function algebra による特徴づけ、計算の複雑さや決定不可能次数と構成的逆数学における論理的原理や関数の存在公理の関係を明らかにする研究を目指しています。また、ラムダ計算と単純型、共通部分型、和集合型などの型理論の研究も行っています。

主な研究業績

1. Hajime Ishihara and Takako Nemoto, A note on the independence of premiss rule, MLQ Math. Log. Q. 62 (2016), 72-76.
2. Hajime Ishihara and Tatsuji Kawai, Completeness and cocompleteness of the categories of basic pairs and concrete spaces, Math. Structures Comput. Sci. 25(2015), 1626-1648.
3. Hajime Ishihara, Some conservative extension results on classical and intuitionistic sequent calculi, In: U. Berger et al. eds., Logic, Construction, Computation, Ontos Verlag, 2012, 289-304

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/ishihara-lab/www/index.html>

本研究室は学問をする場です。研究室が組織として研究課題を決め研究費・学生を配して研究を進めてはいません。研究はメンバーの社会への貢献に対する責任の自覚に基づいた、情熱と自由な発想によって行われています。研究室として行うセミナーは、論証力・表現力を身につけることに重点を置いています。また、研究の成果は社会に論文・講演などの形で公表しなくてはなりません。社会に広く受け入れられ、利用される形で公表するための、文章表現、口頭表現などプレゼンテーション技術などの表現を身につけることを目指しています。



状態機械をとおして 複雑な分散システムの核心に迫る！

研究を始めるのに必要な知識・能力

初歩的な論理学や集合論などについて知っていたり、プログラミング(特にスレッドを用いた並行プログラムの作成)の経験もあったりしたほうが良いですが、配属後に学修を開始したとしても研究を始めるのに支障はないです。もっとも大切なことは研究テーマへの高い関心と学修・研究意欲の継続です。

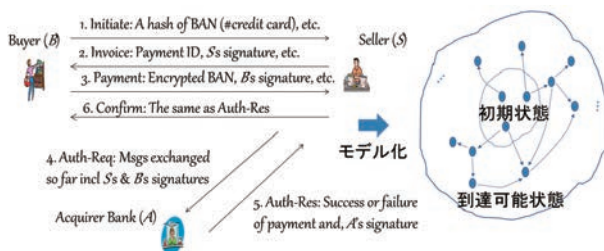
この研究で身につく能力

主に抽象化能力と論理的思考力を身につけることができます。抽象化能力と論理的思考力を身につけると、複雑な事象を平易なことばで筋道を立てて簡潔に説明できるようになります。

【就職先企業・職種】 情報・通信業、電機機器など

研究内容

状態機械は、初期状態を含む状態の集合と状態間の2項関係から構成されます。状態間の2項関係を状態遷移と呼びます。このため、状態機械は状態遷移機械とも呼ばれます。通信プロトコル、電子商取引プロトコル、相互排除プロトコル、スナップショットプロトコル、意思決定プロトコルなどの分散システムは、状態機械として記述することができます。



ノードやネットワークの局所状態から構成される大域状態を状態とし、メッセージの送受信などのノードやネットワークの局所状態の変化を状態遷移とすることで、分散システムを状態機械として記述できます。そうすると、分散システムの満たすべき要件は状態機械の不変性等の性質として表現でき、分散システムが要件を満たすことの確認は、状態機械が性質を満たすことを検証することで行うことができます。本研究室では、分散システムの状態機械による記述方法、満たすべき要件の性質としての表現方法、それに状態機械が性質を満たすことの検証方法についての研究を行っています。

1. 機械学習を用いた補題発見に関する研究：通信信頼性、支払合意性、相互排除性などの分散システムの満たすべき要件は状態機械の不変性と呼ばれる性質で表すことができます。不変性とはすべての到達可能状態で真になる状態述語のことです。不変性の証明は、状態の到達可能性を決定できる状態述語 isReachable を構成できれば十分です。つまり、isReachable を構成できさえすれば状態機械、ひいては分散システムの核心に迫ることができることになります。しかし、isReachable を構成できるアルゴリズムは存在しないことがわかっています。そこで、機械学習を用いて isReachable を構成することを試みています。機械学習は学習用データに基づく訓練の後、これらのデータのみならず新規のデータに対しても正しい判断を下せるようにするための技術です。本研究では、状態機械から生成できる到達可能状態

を学習用データとして用い、あらゆる状態に対し到達可能であるかどうかの判断を下せるようになること、すなわち、isReachable の構成を試みます。

2. 分散システムを計算の対象とする分散アルゴリズムのモデル検査に関する研究：分散スナップショットアルゴリズム等の分散システムを計算の対象とする分散アルゴリズムの満たすべき性質の素直な記述には実行系列(ある条件を満たす状態の列)を通常の値として扱える必要があります。しかし、Spin 等の既存のモデル検査器では実行系列を通常の値として扱えません。このため、そのような分散アルゴリズムの満たすべき性質を素直に記述できません。そこで、分散アルゴリズムならびに性質を素直に記述できるとともに効率良くモデル検査できることを目指し、実行経路を通常の値として扱えるモデル検査法を考案し、それに基づくモデル検査器を設計・実装し、分散スナップショットアルゴリズム等の事例に適用することでそれらの有効性を確認することを行っています。

主な研究業績

1. Kazuhiro Ogata and Kokichi Futatsugi: Modeling and verification of real-time systems based on equations, Science of Computer Programming, 66(2): 162-180, Elsevier, 2007.
2. Kazuhiro Ogata and Kokichi Futatsugi: Proof Score Approach to Analysis of Electronic Commerce Protocols, International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 20(2): 253-287, World Scientific, 2010.
3. Kazuhiro Ogata, Kokichi Futatsugi: Compositionally Writing Proof Scores of Invariants in the OTS/CafeOBJ Method, The Journal of Universal Computer Science (J. UCS), 19(6): 771-804, J.UCS consortium, 2013.

使用装置

代数仕様言語 CafeOBJ (本学で開発された数少ない日本初の計算機言語のひとつ)

代数仕様言語 Maude (CafeOBJ の姉妹言語)

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/~ogata/lab/>

将来研究者として新しいことを創造・発見したい方も、技術者として我々の社会を一変するような技術・商品を開発したい方も基礎科目の学修は不可欠です。このため修士課程の学生には課題研究の選択ならびにより多くの関連科目の履修を勧めます。そこで修士課程1年のときは講義に集中して頂くことになります。課題研究の決定は基本的に学生の自主性を尊重しますが、相談にはのりますし、候補をいくつか提案することもあります。博士課程の学生はひとりの独立した研究者として対応します。



理論を現実の問題に： 信頼できるソフトウェア、セキュアなシステム

研究を始めるのに必要な知識・能力

数学的思考能力(離散数学・数理論理・形式言語・組み合わせ理論などにおける基礎概念の深い理解。つまり数学的定義が再構成できること、そのノントリビアルな実例を3つあげられること)、および英語による論理的コミュニケーション能力・読み書きの能力。(研究室内のセミナーは英語。読む文献は英語論文が基本です。修士論文も英文が望ましく、博士論文は英文が必須となります。)

この研究で身につく能力

本研究室は、企業等ですぐに役立つ知識や技術の習得は目的としません。かわりに、基本的概念の理解と理論に基づき現実の問題に挑戦する方法論、未知の領域に対する学習とアプローチ法の習得を目的とします。具体的には、学生の興味と能力に応じ、理論問題(過去には定理証明手法など)や、形式手法における推論・解析ツールの研究開発(過去には、制約解消系、セキュリティプロトコル解析、Java コード解析、丸め誤差自動解析、バイナリコード解析、SQL の形式意味の代数的仕様記述など)から、問題設定・アプローチの考案・アイデアの具体化・プロトタイプ実装・論文執筆のサイクルを経験してもらい、上記方法論習得のケーススタディとします。これらの能力の習得を標準年限での修了より重視しています。

【就職先企業・職種】大学・研究機関(博士)、ソフトウェア関連企業(修士)

研究内容

現在、計算機科学の成熟、計算機の高速化により、実用的システムの高信頼化へ応用可能性を拡げています。例えばモデル検査、充足性検査、定理証明などの自動推論技術は、現在の CPU 開発には欠かせぬものとなっています。

本研究室は、計算モデル・アルゴリズム・離散数学等の基礎理論、その成果の自動推論ツールへのプロトタイプ実装、さらに現実のソフトウェアへ応用可能性を追求しています。主な理論分野は、組み合わせ理論(グラフ理論や順序構造)、書換系、形式言語、数理論理、数学的証明の形式化などです。その際、一見無関係に見える理論的成果の結合、忘れられた理論的成果の温故知新を重視します。

ツールのプロトタイプ実装は、既存ツールの最大限の利用と拡張を試み、それらの限界を明らかにした上で行います。現在の計算量理論は実効性を正しく反映していません。たとえば SAT ソルバのように NP 完全だが現実のシステム検証では高速な場合も多くあります。理論的に解明できなくとも、定性的原理に従い、実用的アルゴリズムを設計し、実験により有効性を示すなどのアプローチを試みています。

具体的な研究トピックとして、以下の項目を主に国際共同研究により進めています。

1. 形式言語の単調な Well-Quasi-Order (WQO) による特徴付け：

有限語の正規言語の合同関係による特徴付けは Myhill-Nerode 定理として広く知られています。単調な WQO による特徴付けは1982年に Ehrenfeucht により提案されました。ω語の正規言語の合同関係による特徴付けは古くは Buchi により当たられています。本研究室では、単調な WQO による特徴付け、ならびにそのための必要十分条件として周期的拡張と連続的拡張の概念を提案し、その性質を示しました。現在、性質の深化とともに他のデータ構造・形式言語クラスに対し、研究を進めています。(ロシア・エルシヨフ研究所、カザン連邦大学と共同)

2. Well-Structured Pushdown System (WSPDS) の決定可能性：

スタックを持つ無限状態遷移システムに順序構造(Well Quasi Order)による制約を仮定することで、被覆可能性を含む様々な性質の決定可能性を示す一般的な枠組み WSPDS を提案しました。WSPDS は並行プログラム、実時間システムの多くの既存モデルの決定可能性を統一的に扱うことができます。さらに VASS (Vector Addition System, ベクトリネット) の到達可能性、Branching VASS の到達可能性の決定可能性への応用研究を進めています。(上海交通大学、名古屋大学、サンクトペテルスブルグ大学と共同)

3. 非(左)線形項書換系の合流性の十分条件：

項書換系の主たる性質は合流性と停止性です。非停止な項書換系における合流性の十分条件は1970年代に提案された左線形・無曖昧性が基本です。左線形の場合は1980年代より研究されていますが、多くの問題が未解決です。左線形にかえ右線形の場合の合流性(1990年の未解決問題)に対し共同研究を進めています。(名古屋大学、仏 Ecole Polytechnique・清華大学と共同)

4. 実数上の非線形制約解消系(SMT ソルバ)raSAT の実装開発：

もともとの動機は、mpeg4 など DSP デコーダーにおける丸め誤差自動解析(組み込みシステム等では、リファレンスアルゴリズムの浮動小数点演算を固定小数点演算に変更することが多いため、誤差が生じる)でしたが、その推論エンジンに注目し、実数・整数

上の非線形制約(多項式制約)充足性検査系 raSAT の研究を進めています。国際競技会 SMT-COMP 2016、2017では QF_NRA カテゴリで Yices2に次ぐ2位を獲得しました。現在、LORIA で開発する veriT との融合を進めています。(仏ロレーヌ大学 LORIA、ベトナム国家大学ハノイ校と共同)

5. マルウェアを対象としたバイナリレベル動的記号実行器：

PC マルウェアは、比較的小規模なバイナリコードですが、アンチウィルスソフトをかいくぐる隠蔽手法が用いられているため、その制御構造は非常に複雑です。たとえば、バイナリコードにはデータとコードの区別がないことを利用した自己改変、制御のジャンプ先や戻り先隠蔽、特定の API 実行による sandbox 環境検出はポピュラーな手法です。ここでは動的記号実行を用いたプッシュダウンモデル生成器 BE-PUMを開発し、PC マルウェアの x86 ディスアセンブリとマルウェア作成時に使用されたパッカー一同に成功しました。現在、ARM、MIPS など IoT デバイスで用いられる他プラットフォームへの拡張をめざし、命令セットの英語マニュアル(自然言語仕様)から形式的意味の自動抽出を行い、動的記号処理系自動生成に成功しました(Githubにて公開)。今後、マルウェアのディスアセンブリによるマルウェア手法の意味解釈や、IoT マルウェアの制御構造による分類を目的とした深層学習を試みています。(ベトナム国家大学ホーチミン校、ベトナム・レクイン工科大学、仏ロレーヌ大学 LORIA と共同)

6. オートマトン操作に基づく決定手続きの効率化：

オートマトンはその制約(有限オートマトン、プッシュダウンオートマトン等)により、さまざまな決定可能性を持ち、ソフトウェア検証に用いられています。しかし理論計算量はしばしば指数時間となり状態爆発を起こします。実用的手法として、漸増的生成に加え、アンチチェーンに基づくアルゴリズムが有力です。本研究室では、過去に Visibly Pushdown Automaton への拡張を行いましたが、原点に戻り、アンチチェーンアルゴリズムの各要素の精査と形式化を通じて、その原理の理論的解明と効率化を進めています。(燐インスブルック大学と共同)

主な研究業績

1. V.A.Vu, M.Ogawa: Formal Semantics Extraction from Natural Language Specifications for ARM. 23rd International Symposium on Formal Methods (FM 2019), LNCS 11800, 465-483, 2019.
2. M.Ogawa, V.L.Selivanov: On Classes of Regular Languages Related to Monotone WQOs. 21st International Conference on Descriptive Complexity of Formal Systems (DCFS 2019), LNCS 11612, 235-247, 2019.
3. T. X. Vu, V. K. To, M. Ogawa. raSAT : An SMT Solver for Polynomial Constraints. Formal Methods in System Design 51(3). 462-499, 2017.

使用装置

通常のノートPCがあれば十分です。

研究室の指導方針

本研究室は企業等ですぐに役立つ知識や技術の習得は目的としません。かわりに、基本的概念の理解と理論に基づき現実の問題に挑戦する方法論、未知の領域に対する学習とアプローチ法の習得、自らの深い思考による論理構成能力を目的とし、学生の興味と能力に応じたソフトウェア分野での問題設定により研究の一サイクルを経験してもらいます。各学生は全く異なる研究トピックを前提とします。理論研究を基礎とし、本人の希望と能力により、実装との比率を勘案します。プログラミング言語は Ocaml, Maude などの関数型言語を習得し、実装は主にそれらを用います。さらに学位論文の執筆を通して、総合的な表現力の体得をめざします。これらの能力の習得を標準年限での修了より重視しています。

【研究室HP】URL : <http://www.jaist.ac.jp/~mizuhito>



Deep Learning, Natural Language Understanding, Legal Text Processing

研究を始めるのに必要な知識・能力

Mathematic, Programing (C++, Java, Python), Statistical models, Background on Artificial intelligence (Search algorithms, machine learning models). Background on Natural Language Processing is a plus point.

この研究で身につく能力

We expect that students will obtain the following qualities through research activities in the lab. Skills in finding problems and reading papers. Have knowledge background on machine learning (deep learning) and natural language processing. With Ph.D students, we expect that after graduation they will become independent researcher and they can know how to write a scientific journal and how to present they works in an international conference. With master student, we expect that they will have skills in working with the problems of how to exploit machine learning models on semi-structure data (big data). They can also know how to formulate a problem using machine learning models. They will obtain fundamental knowledge on machine learning and knowledge representation.

【就職先企業・職種】 communication industry, software industry, service industry

研究内容

Research Overview

Structure representations and machine learning models play a key important role for Artificial intelligence (AI). Our research will focus on how tactical structural representation and machine learning are used for formulating problems in AI ranging from text summarization, natural language understanding, legal engineering, and machine reading.

Machine Learning

Fundamental problems in machine learning are focused on our research directions. We particularly study on structured prediction modes, which are used to recognize structure representation such as sequence, tree, and graph. On the other hand, designing feature spaces for machine learning is difficult and requiring much human effort. To deal with this, we are concerned on how feature representation is automatically learnt from data. Regarding to this problem, Deep learning would probably be suitable for our goal. We also study on reinforcement learning which can learn by interacting with environments.

Natural Language Understanding

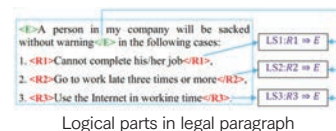
One of the ultimate goals in AI is to enable computers to converse with humans through human languages. To achieve the goal, we especially pay attention on semantic computation. This research is used to support computers to understanding natural language. Our initial work showed how synchronous grammars could be combined with structured learning models to transform a natural language sentence to a logical form representation [1]. On the other hand, we want to investigate how natural language generation (NLG) can help computers for producing a human understandable language sentence from its meaning representation. One research topic we pursue is to know how probabilistic models can be applied for generating natural language sentences from their underlying semantic in the form of typed lambda calculus.

For legal engineering, our mission is to support people for reading legal documents. The first task aims at recognizing logical parts of law sentences in a paragraph, and then grouping related logical parts into some logical structures of formulas, which describe logical relations between logical parts [2].

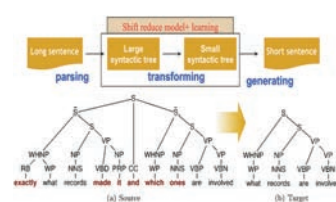
Machine Reading: One of the direction in our lab is to study the fundamental problems on how we can extract useful information from texts

and how to build knowledge from texts. First, we are interested in text summarization [3] which is used to extract gist information from text documents.

We also focus on studying Machine Reading, which automatically extracts knowledge from a large number of documents by reading texts. Communication between human and machine in reading text is also interested in our study. A Question Answering system like IBM-Watson is our expected outcome.



Logical parts in legal paragraph



Text Summarization: Sentence Reduction

主な研究業績

1. M.L. Nguyen, A. Shimazu: A semi supervised learning model for mapping sentences to logical forms with ambiguous supervision. Data Knowl. Eng. 90: 1-12 (2014)
2. B.X. Ngo, M.L. Nguyen, T.T. Oanh, A. Shimazu, "A Two-Phase Framework for Learning Logical Structures of Paragraphs in Legal Articles", ACM TALIP, Volume 12(1), 2013
3. M.T. Nguyen and M.L. Nguyen. "SoRTESum: A Social Context Framework for Single-Document Summarization", ECIR 2016, LNCS 9626, pp. 1-12, 2016

使用装置

Mac Server 64G

Windows Server 64GRAM

研究室の指導方針

The primary goal for teaching students is that we should teach students how they can develop an ability of self-learning. For supervising graduated students, we think one of the most important things is how to find problems for studying. To support students, we would like to discuss with students as much as possible to help them in choosing the research topic and discovering problems. Reading skill is so important for students in order to enrich their knowledge, and it would be helpful for students in choosing the topics and finding out problems. For this reason, our lab organize seminar courses covering state-of-the-art results. We think reading and discussing on state-of-the-art works, would be useful for improving not only student's knowledge but also the student's skills in writing papers. We also organize seminar courses covering the background knowledge both in machine learning and linguistic aspects.

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/~nguyenml/>



知覚認知情報処理に基づく 知能ロボット実現を目指す

研究を始めるのに必要な知識・能力

力学、線形代数、微積分、電気電子工学、プログラミング、CAD などの基礎知識があることが望ましいが、ロボットに興味があり、目的意識を持っていれば学部・専攻科は問わない。

この研究で身につく能力

与えられた入力に対するロボットの動きを計算する能力。動力学シミュレーションソフトウェアを用いて計算機上で多種多様なロボットをモデリングし、その動きの高度な解析を行う能力。様々な環境条件における複雑な相互作用を伴うロボットの軌道を可視化する能力。ロボットの望ましい振る舞いを設計する能力および、意図通りに動かすために最新の制御理論を適用する能力。PC やマイクロプロセッサから実機のロボットを制御する能力。ネットワークを介してロボットやデバイスを制御する能力。ロボットの群れの行動を協調的に動作させるために、自律分散制御する能力。ロボットをより賢くするための人工知能・計算機科学の理論を実装する能力。知覚と身体運動を繋ぐ情報処理過程を解明するための総合的な研究能力。

【就職先企業・職種】自動車関連、ソフトウェア及びハードウェア設計・開発関連、大学教員

研究内容

1)人間型ロボット：人間の日常生活において、人間と協調して複雑な作業を行うことが可能な、高い安定性と信頼性を有する人間型ロボットの実現を目指す。最新の生物と脳研究の成果を踏まえ、より人間に近い仕組みを持つ運動機構と神経制御手法を追究する。人間との相互作用においては、ロボットの個性化を実現するために、認知発達プロセスに必要な機能を標準化するソフトウェアフレームワークの開発に取り組む。

2)ヒューマンロボットインタラクション：人とロボットの間にお互いを理解するために必要なインタラクションチャンネルを開き、相互が情報を共有して協力し合うシステムを構築する。高齢者および障害者の歩行を支援する歩行支援機、人間とロボットの相互作用に基づくインテリジェントパワーアシスト台車などを開発している。

3)ネットワークロボット：家庭やオフィスのような非整備環境下で効率的に人間共存型ロボットを運用するために、データキャリアを用いて情報処理機能を環境渇きに分担させる情報インフラを構築する。個々の物体毎に操作知識を分散蓄積し、作業実行時に統合利用することで物体に対する高度なハンドリングを可能とする知識分散型制御手法を開発する。環境情報獲得のための受信信号の方向検知機能を有する RFID システムの開発及び応用を行う。

4)車輪型移動ロボット・飛行ロボット：車輪型・飛行型自律移動ロボットによる未知環境探索のための環境地図作成及び自己位置同定に関する研究を行う。効率的な環境認識のために、単一モータによる小型軽量3次元測距センサボジションナユニットの開発する。群ロボットにおいては、ロボット間の局所的な相互関係によって現れる創発的な振る舞いを研究し、環境に適応した編隊移動制御などを行う。

5)自律学習視覚システム：両眼奥行知覚発達の神経モデルを提案し、ロボット上に自律学習自己キャリブレーション両眼システムを実装する。効率的な符号化手法の有効性を実証すると共に、両眼奥行知覚発達の工学的モデリングとヒューマノイドロボットへの適用を行い、神経生理学並びに生物学的解明を行う。



自律型無人飛行ロボット



車輪型移動ロボットと人型ロボット



高齢者向け歩行支援ロボット

主な研究業績

1. N. Y. Chong (Ed.), Networking Humans, Robots, and Environments, Bentham Science Publishers, eISBN: 978-1-60805-731-3, September 2013
2. N. Y. Chong and Fulvio Mastrogianni (Eds.), Handbook of Research on Ambient Intelligence and Smart Environments: Trends and Perspectives, IGI Global, ISBN 978-1-61692-857-5, 2011
3. W. Yang, N. Y. Chong, and B. J. You, Biologically Inspired Robotic Systems Control: Multi-DOF Robotic Arm Control, VDM Verlag, ISBN 978-3-639-23071-0, 2010

使用装置

小型人間型ロボット
車輪型移動ロボット
無人飛行ロボット
歩行支援ロボット
計測機器および工作機械

研究室の指導方針

ロボット技術の高度化とその実用化に向けた課題を中心に学生自らテーマを探り、研究を進めていきます。他者とのコミュニケーションや研究チーム毎のコラボレーションを通じて生まれる多角的で柔軟な視点と独創的な発想を養います。研究室の開発用のソフトウェアとハードウェアプラットフォームを存分に活用して、学生が新しいアイデアやコンセプトの実現を試みることを楽しめるよう、研究活動をサポートします。2週間1回程度のゼミや進捗報告、研究チーム毎の勉強会や打ち合わせを行います。コアタイムがなく、なるべく自由な雰囲気の中で学生一人一人が主体的に研究活動を行います。

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/robot/>



人間の思考はプログラム可能？

研究を始めるのに必要な知識・能力

基礎的な数学、特にグラフ理論やオートマトンなど離散数学に関する知識。英語の文献が読めること。そして何よりも人間の知能について興味を持ち、その不思議さを感じるセンスがあること。

この研究で身につく能力

(1)問題発見力:知能は宇宙や生命と並ぶ科学哲学です。数十億個のニューロンの集まりがなぜ一個の自我を生み、一つの知能を持つのでしょうか。言語や論理と向き合ううちに、科学哲学の本質にある問題発見をしてほしいと思います。(2)問題解決力:知能の研究はいったい何の役に立つのでしょうか。科学哲学からプラクティカルなところへ視点を移せば自分が寄与し解決した問題が見えてきます。(3)文章表現力およびプレゼンテーション能力:すべて研究は他人を説得できてこそ価値が認められます。発見した問題とその解決を他人に訴えるには正しい日本語・英語と視認性の高い資料作りが必要です。(4)周辺学力:おまけとして数理論理学と英語が少しできるようになるはずです。

【就職先企業・職種】情報処理産業大手、ITベンチャー、アカデミック・ポストなど

研究内容

(1)エージェント・コミュニケーション:会話によって意図を伝えるとはどういうことでしょうか。人と人、あるいは人とコンピュータが信念を共有できるということを形式的に表現できないものなのでしょうか。このテーマではコミュニケーションによる知識の増加と無矛盾性の維持について考えます。下図ではφという知識をエージェントaからbに渡すようすです。bはaがφを既に知っていたことも知ります、aはbが新たにφを知ったことも知ります。それではみんなにわかるようにパブリックに告知するとき、一人にそっと告知するとき、一人に告知はするものの告知したことはパブリックに知られてしまうとき、各エージェントが保有する知識はどんなふうに記述できるでしょうか。われわれはこの記述手段として Dynamic Epistemic Logic (DEL)を用います。



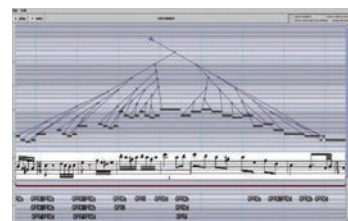
(2)法律の論理性を考える:法律がわれわれの社会を支える根幹となるためには、何より法律文に論理性があることが必要です。このためには法律文の論理表現やその中の用語の概念階層を考える必要があります、それらを組み合わせると論理的一貫性を検証する手法を考える必要があります。特に法律の判断には直観主義論理(intuitionistic logic)がふさわしいようです。例えば「あることを立証できないならば、そのあることは偽である」は間違った法的判断であり、ただまだ証拠がそろわないだけです。このような事態を表現するためには一時的に「unknown」な状態を許容する必要があります。また法的判断には因果関係の自覚、事実誤認、回避責任の不履行、予測可能性など実にさまざまな込み入った概念が現れます。このような概念を論理で表現するためには非古典論理が必要です。

(3)言語の進化と獲得:赤ちゃんは賢い知能を持っている



ます。親の発したことから共通部分を抜き出して変数化し、構造的な文法規則を組み立てることができます。次の図においては赤ちゃんは「ママは酒飲みなのよ」という、聞いてもいない文を構成できることになります。この赤ちゃんが次の世代に親になり、またその子に文を多数発し、その子がまた文法化を行い…というプロセスを繰り返したら、表現可能な文はどんどん増えていきますが世代間でどのくらい言語は共有されるでしょうか。この研究はこのような繰り返し学習モデルの効率化と言語間距離を考えます。

(4)楽譜の文法化:音楽と言語は起源を記共有するものであり、同じ咽喉と耳を使って伝達します。するとレナード・バーンスタインも指摘したように言語と同じようなチョムスキー的な句構造が構成できるはずです。この研究では楽譜に木構造を付与し、そこから音楽の骨格構造の認識し、さらに楽曲間の距離を較べたり、骨格にもと異なる音を付与して計算機による自動編曲を実現します。



主な研究業績

1. Dynamic Epistemic Logic for Channel-Based Agent Communication, Katsuhiko Sano and Satoshi Tojo, Fifth Indian Conference on Logic and its Applications, Springer 7750, 109-120, 2013
2. Computational Reconstruction of Cognitive Music Theory, Satoshi Tojo, Keiji Hirata, Masatoshi Hamanaka, New Generation Computing, vol. 31, No. 2, pp. 89-113, 2013.
3. 進化言語学の構築「われらの脳の言語認識システムが生み出す音楽」, 東条 敏 他, ひつじ書房, 2011

使用装置

学内の並列高速計算機

研究室の指導方針

【研究室HP】URL: <http://www.jaist.ac.jp/~tojo>

(1)マイル・ストーンを立てよ。人間は欲望に勝てないもの、外から与えられたメ切を自分に課そう。(2)数式を愛でよ。そこには著者が主張したいことが凝縮されて洗練されて書かれてある。(3)急がば読め。文章を書かなければならなくて、かつ文章が浮かんでこないならば、それは頭の中に書くコンテンツがないからである。急いでいるときこそ文献に当たり知識を仕入れよ。(4)記号は正しく。正書法はマナーでありモラルであり、読者に対する礼儀である。(5)英語!英語をサボったところで損するのは自分である。あきらめて英語を身につけよう。



ロボットの効率的な運動制御を通して ヒトや動物の運動を深く知ろう

研究を始めるのに必要な知識・能力

解析学、線形代数、および力学の基礎を習得していることは必須条件です。Mathematica、MATLAB、MaTXなどの計算支援ツールに習熟していると更に良いでしょう。

この研究で身につく能力

理論研究は主に、モデリング・制御系設計・運動解析の三段階からなります。まず解析の対象とする多リンク系(マルチボディシステム)の運動を数学的にモデル化します。次に、その力学特性を有効に利用した効率的な制御系設計を行います。最後に、提案する制御法をシステムに適用し、数値シミュレーション更には実機実験を通してその有効性を確認します。この一連の作業を通して、実世界におけるヒトや動物の運動を正確かつ客観的に把握・解析する能力、および得られた数理的知見を新しい機械システムの開発へ運用する工学的応用力の習得が期待できます。

【就職先企業・職種】電機メーカー、自動車メーカー、鉄道事業者など

研究内容

ヒトの2足歩行は高度な技能を必要とするもので機械には実現困難な運動であると考えられてきましたが、数理的には脳神経を使わなくても実現可能な、本質的に安定な運動であることがロボティクス分野の研究を通して明らかにされてきています。これはロボットの2足歩行を工学的応用としてでなく、衝突を含む周期運動として、すなわち物理法則として捉え直したことで生まれた新たな科学的知見です。

当研究室では、このようにロボティクスを一つの手段としてヒトや動物が実現している高度な運動の本質を深く知ろうとする、サイエンスとしてのロボット研究を推進しています。

具体的には、①数理に基づく検証を通してヒトや動物の運動メカニズムを正確かつ客観的に知ること、そして②得られた知見を基に高度な技能を実現する新しい機械システムを創造することを中心的な目標としています。

取り組む研究テーマは各自の素朴な科学的興味に沿って自由に設定して構いません。歩行の例を幾つか挙げれば、ヒトは何故リラックスして2足歩行ができるのだろうか、踵よりも爪先が長い必要性はあるのか、路面が凍結していると歩き難い(転倒し易い)のは何故か、など非常に基本的な問題ばかりです。これらの疑問に対する客観的回答を与えるために、問題設定に続いて対象とする多リンク系(マルチボディシステム)の数学的モデル化、数値シミュレータの開発、運動解析、実機実験という順に検証を進めていきます。

新しい現象の発見や精密な運動解析も重要な研究課題ではありますが、内容に関わらず、生物の身体形状や運動技能を創り出す客観的理由を深く、かつ明快に説明することを共通の最終目標としています。

最後に、当研究室で開発した使用装置の一例として、連結型リムレスホイール、摺動と揺動を利用した劣駆動移動ロボット、歩行データ計測システムの概要を写真で紹介しておきます。いずれもリムレスホイール(スポーク部分のみの車輪)や半円形状をした本体フレームを基本にした低自由度の歩行実験システムですが、理論と実際のギャップや身体と環境の力学的支配関係など、多くの有益な情報を得ることができるものです。

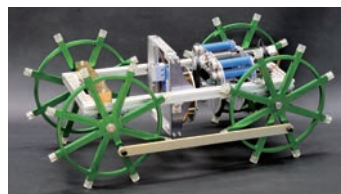


写真1. 能動的な揺動質量を搭載した連結型リムレスホイール

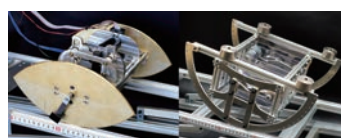


写真2. 摺動と揺動を利用した劣駆動移動ロボット

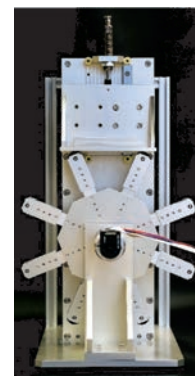


写真3. 歩行データ計測システム

主な研究業績

1. Fumihiko Asano, "Stealth walking with reduced double-limb support phase and its extension to careful legged locomotion," Multibody System Dynamics, Vol. 44, Issue 4, pp. 421-447, Dec. 2018.
2. Fumihiko Asano and Yanqiu Zheng, "High-speed and energy-efficient collisionless walking of underactuated rimless wheel," Artificial Life and Robotics, Vol. 23, Issue 4, pp. 523-531, Dec. 2018.
3. Longchuan Li, Isao Tokuda and Fumihiko Asano, "Nonlinear analysis of an indirectly controlled limit cycle walker," Artificial Life and Robotics, Vol. 23, Issue 4, pp. 508-514, Dec. 2018.

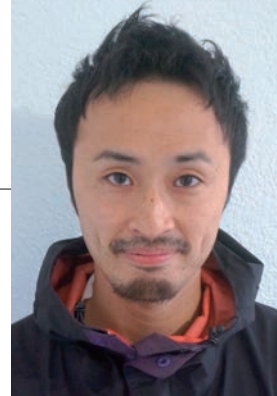
使用装置

摺動と揺動を利用した匍匐型移動ロボット
能動的な揺動質量を搭載した連結型リムレスホイール
半円足をもつ受動・劣駆動2脚歩行ロボット

研究室の指導方針

【研究室HP】URL : http://www.jaist.ac.jp/is/labs/fasano_lab/index.html

学生全員が研究活動の一環として、Mathematicaによるマルチボディダイナミクスの導出・解析、MATLABによる数値シミュレータの開発およびこれを用いた運動解析、国内・国際会議における研究成果の発表などに取り組んでいます。また、毎週1回の研究室内セミナー(2時間程度)を開催し、学生が持ち回りで文献紹介、進捗状況報告、発表練習などを行っています。修士課程2年次以上の学生は、自分の研究だけでなく、後輩学生の研究指導も積極的に行います。研究生活には、コアタイムなどの細かいルールは一切設定していません。各自で規則正しい生活を心掛け、健康・衛生の管理に気を配ってください。積極的に研究室の環境に適応していきという姿勢も大切です。



多面的にコミュニケーション・行動を理解する 計算モデルに基づいた社会的人工知能の実現

研究を始めるのに必要な知識・能力

画像・音声・時系列情報処理、線形代数、確率・統計、機械学習、プログラミングの知識・経験のいずれかを有していることが望ましいです。ただし研究室に入った後でも、研究テーマごとに必要な基礎知識の勉強会を行うので心配いりません。一番重要なのは、人間同士のコミュニケーション理解、機械学習・データマイニングを駆使してコミュニケーションをモデル化することに興味があり、地道に研究目標に向かって研究を進めようとする「やる気・持続力」が重要となります。

この研究で身につく能力

機械学習、データマイニング、信号処理を、人間行動・内面状態・コミュニケーションの理解・実現に応用するという立場で研究を行います。例えば、どのようなコミュニケーションの側面を捉えることで新しい応用先が見つかるか、その側面を捉えるためにはどのようなセンサを利用してデータを取るか、といった問題設定とデータ収集から研究がスタートすることが多いです。このため問題設定の立案、データ収集、信号処理・機械学習・データマイニング、アウトプットの分析・可視化といったデータサイエンティストに必要な一連の素養を身につけることが出来ます。機械学習に基づく人工知能システムは多様な応用先を有しており、社会で扱われる問題も広範囲かつ複雑になっています。上記の複雑な問題に人工知能技術を適用し、問題を解決するための方法論を習得させることを目指します。

研究内容

機械学習、データマイニング、パターン認識、信号処理の技術を駆使し人間の行動、人間同士のコミュニケーション・インタラクションから観測される言語・非言語情報から態度・状況・グループのコンテキスト・コミュニケーションスキルといった高次の抽象的概念をモデリングする技術と、インタラクティブシステム、会話エージェントへの応用に関する研究を行っています。

[1：マルチモーダルインタラクション]

各種センサで観測した、会話参加者の発話内容・韻律・視線・姿勢・ジェスチャといったマルチモーダルパターンの組み合わせ・階層化により①ジェスチャの機能と会話者の態度、認知症患者の発話意欲といった会話参加者の高次状態・意図、②コミュニケーション能力、説明する能力、③会話によって導かれた結論の良し悪しを推定する研究を行っています。

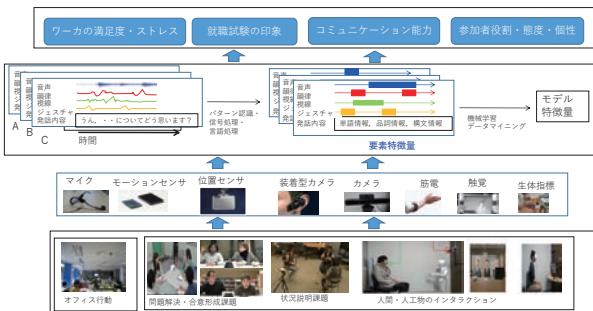
[2：ユビキタスセンサを用いた人間行動理解]

自動車運転行動解析：様々な道路の運転で使われたアクセル・ブレーキ・操舵角の時系列データから、個人特有のブレーキ、アクセルの使用パターンを発見、解析する枠組みを研究しています。
オフィスワークの行動解析：ワークのオフィスでの行動ログ(PC作業、ミーティング)を自動抽出する枠組みを構築し、約2年半のデータを収集・解析し、ワークのストレス値や満足度といった内的要因との間の関係を、データマイニングを用いて解析しています。

[3：マルチモーダル・時系列データのための機械学習]

1、2の技術の根幹はマルチモーダルデータ・時系列データの機械学習・データマイニングの手法により支えられています。時間構造の異なる異種のモダリティデータの統合方法、少量の教師データを使って学習する方法、系列データから多様な特徴量を抽出するデータマイニングの手法等の研究を行っています。

社会的信号処理技術に基づくコミュニケーション理解・応用



主な研究業績

- Shogo Okada et al, Modeling Dyadic and Group Impressions with Intermodal and Interperson Features. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM) 15(1s): 13:1-13:30 (2019)
- Shogo Okada et al, Predicting performance of collaborative storytelling using multimodal analysis, IEICE Transactions, 6ED-55, pp.429-439 (2016)
- Yuki Hirano, Shogo Okada, Haruto Nishimoto, Kazunori Komatani: Multitask Prediction of Exchange-level Annotations for Multimodal Dialogue Systems. ACM International Conference on Multimodal Interaction (ICMI) 2019: 85-94

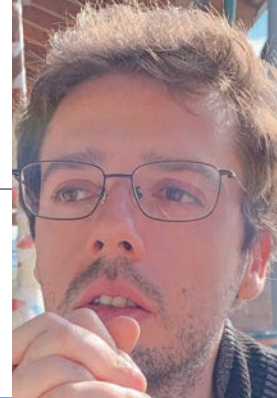
使用装置

ビデオカメラ、ウェアラブルカメラ、マイクロフォンアレイ、Kinect、携帯型筋電センサ、加速度・ジャイロセンサ、VRゴーグル、ヒューマノイドロボット

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/~okada-s/>

2017年度に発足した新しい研究室です。研究の基盤となる機械学習・データマイニング・パターン認識の勉強と同時に、研究室でターゲットとしている研究分野の最新の成果とのつながりを明確にしながら、勉強と研究を進めていきます。これにより、世界の研究水準を知ると同時に、そのレベルに向けて挑戦することを目指します。



Algorithm design for the 21st century

研究を始めるのに必要な知識・能力

I'm looking for highly motivated students with an interest in math and puzzle solving. You should have completed a basic algorithms and data structure course, and should have some familiarity with graphs.

この研究で身につく能力

You will learn how to find, define and solve algorithmic problems. To achieve this, you will learn the basics of graph theory and algorithm design. You will learn how to read and understand the scientific literature. You will learn how to tackle a hard algorithmic problem from start to finish. And finally, you will learn how to communicate your results effectively.

【就職先企業・職種】 Academia, IT industry

研究内容

Many real-world challenges, from analyzing huge social networks to efficient communication in distributed networks, can be expressed in the language of graph theory. Starting from the 70s and up until today, the field of graph algorithm design has proven itself as an invaluable tool in tackling many fundamental, real world algorithmic challenges. To achieve this, many "classical" graph algorithms were introduced.

With the recent emergence of Blockchain, autonomous cars and big data, there has been a shift in how algorithms are designed. In the "classical" model the data was small enough to be held in memory, there was a single processor and the data could be freely accessed throughout the computation. But this does not capture the challenges of big data and distributed computing, where data is too big to fit into memory, or is distributed among a huge network of servers. This requires us to design new graph algorithmic tools to handle these new and exciting challenges.

Below are two examples of such algorithmic models.

Streaming model:

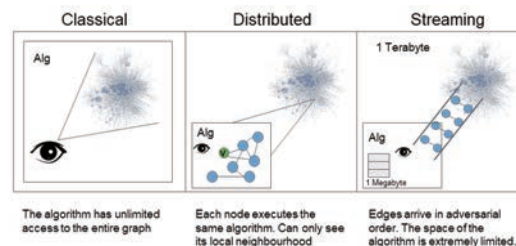
In the streaming model we wish to perform some computation over data which is too large to store in memory. For example, imagine our input is Facebook's social graph, where nodes are users and edges are friend relations. While the nodes can easily fit into RAM, the edges might require several terabytes of memory. To overcome this, we process the edges in a stream. That is, the algorithm sees all edges in the graph one by one, but has limited memory. The algorithm performs some computation while edges arrive and finally outputs the results of the computation. The memory restriction is quite challenging and requires new algorithmic tools and techniques.

Distributed model:

In the distributed model we have some network of independent processors that wish to achieve some common goal in a decentral-

ized manner. This model captures problems such as packet routing over the internet, achieving consensus in a blockchain network or a fleet of autonomous vehicles trying to optimize congestion. Here the main bottleneck is the communication between processors in the network. The crux here is that computation happens simultaneously throughout the network, which gives rise to new problems, such as symmetry breaking. The goal here is to design communication efficient algorithms for the task at hand.

The above are just two examples, while many more fascinating models exist (online algorithms, property testing, dynamic data structures). Our goal is to explore these new models of computation and try to accurately represent the algorithmic challenges of the 21st century. We aim to define new models, and design efficient algorithms for fundamental problems.



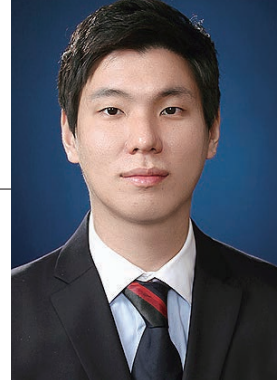
主な研究業績

1. Reuven Bar-Yehuda, Keren Censor-Hillel, Gregory Schwartzman: A Distributed $(2 + \epsilon)$ -Approximation for Vertex Cover in $O(\log \Delta / \epsilon \log \log \Delta)$ Rounds. PODC 2016
2. Ami Paz, Gregory Schwartzman: A $(2 + \epsilon)$ -Approximation for Maximum Weight Matching in the Semi-Streaming Model. SODA 2017
3. Keren Censor-Hillel, Eldar Fischer, Gregory Schwartzman, Yadu Vasudev: Fast Distributed Algorithms for Testing Graph Properties. DISC 2016

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <https://sites.google.com/view/gregoryschwartzman/>

I believe students should pursue topics and problems which they find most interesting. I will do my best to accommodate the above, offering guidance in my field of expertise and connecting students to other leading researchers in their respective field.



無人移動ロボットによる 知的環境センシング技術の開拓

研究を始めるのに必要な知識・能力

線形代数学、確率論等の数学の基礎力と、ロボット工学、計測工学、機械学習の全般的な知識を持っていた方が望ましいですが、好奇心を持って研究への意欲のある学生であれば歓迎します。自分のアイデアをロボットシステムに実装するために、簡単なハードウェアの制作とプログラミング言語(特に C++)に慣れている場合は有利です。

この研究で身につく能力

ロボティクスは、機械・電子・情報・制御・計測等の様々な分野の要素技術が融合される分野であり、システムインテグレーション技術が非常に重要です。具体的な研究テーマによって差はありますが、エンジニアとしての幅広い工学的知識を修得可能です。また、当研究室では実際の現場に適用可能な社会実装に焦点を当てた研究を積極的に行っているため、様々な社会ニーズと先端技術とのマッチング能力と、社会に貢献可能な新しい技術を創造する基礎能力を学ぶことができます。

【就職先企業・職種】 製造業、IT系企業、研究職等

研究内容

当研究室では、ロボット技術を通じて様々な方面からの社会実装を目指して研究を行っています。具体的には、様々な環境条件において、無人移動ロボットに搭載した各種センサからの情報を分析し取得した環境の形状情報および物質・材料等の環境内に分布する物理的な情報を活用することで、実社会の様々な問題解決に貢献可能な研究に取り組んでいます。

1. 被災地探査ロボットによるセマンティックマップ生成

当研究室では、自然災害をはじめ原子力災害等の災害現場において、被害情報収集活動や原子炉建屋内の環境モニタリングを実施するための、半自律移動ロボットによるセマンティックサーベイマップ生成システムを開発しています。具体的には、ロボットに搭載されたサーモカメラやハイパースペクトルカメラ、LiDARなどの複数種類のセンサ情報を取得・融合し、環境の物理的な特徴量を含むマップを生成する技術を開発しています。図1に示すSMLOループの各要素技術を他大学とも連携を取りながら開発しており、生成されたサーベイマップは、後の減災・廃炉・復旧復興計画に役立てられることを想定しています。

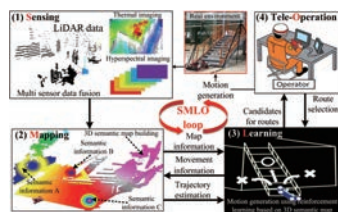


図1. SMLO ループに基づくサーベイマップ生成

2. 音響カメラによる水中環境センシング

最近、図2に示す濁った水中環境でも3次元空間における高解像度の画像を生成可能な音響カメラの開発により、水中状況の把握が容易になりました。このタイプの超音波センサは比較的小型であり、水中ロボットにも簡単に装着され、環境中に存在するマテリアルの特性を計測情報により分析可能です。当研究室では、

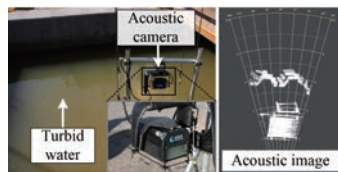


図2. 音響カメラによる水中での画像撮影

新空港・港湾・海底トンネルの建設及び干拓事業などの水辺の開発環境のような人間が直接入れない極限水中環境において、無人水中ロボットに搭載した音響カメラを使用し、物質・材料に関する環境情報を反映した3次元マップ生成システムを開発しています。生成された水中環境のマップ情報を関連する意思決定機関へ提供することで、後の水辺の開発計画などの策定のための活用を図ります。

3. 自律移動ロボットのナビゲーション

様々なサービスロボットの開発のために不可欠な要素である自律移動ロボットのナビゲーション技術は、ここ数十年間活発に研究されてきた分野であり、最近では既に多くの技術が実用化されつつあります。当研究室では、様々な次世代センサからの計測情報を処理し、自律移動ロボットのナビゲーションの性能を向上させるための研究を行っています。

主な研究業績

- Y. Ji, Y. Tanaka, Y. Tamura, M. Kimura, A. Umemura, Y. Kaneshima, H. Murakami, A. Yamashita, and H. Asama, "Adaptive Motion Planning Based on Vehicle Characteristics and Regulations for Off-Road UGVs," IEEE Transaction on Industrial Informatics, 15(1), pp. 599-611, 2019.
- Y. Ji, A. Yamashita, and H. Asama, "Automatic Calibration of Camera Sensor Network Based on 3D Texture Map Information," Robotics and Autonomous Systems, 87(1), pp. 313-328, 2017.
- Y. Wang, Y. Ji, H. Woo, Y. Tamura, A. Yamashita, and H. Asama, "Three-dimensional Underwater Environment Reconstruction with Graph Optimization Using Acoustic Camera," in Proc. of the 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integrations, pp. 28-33, 2019.

使用装置

車輪型およびクローラ型の移動ロボット
LiDAR、測域センサ、光学カメラ、音響カメラ等の環境計測センサ

研究室の指導方針

当研究室では、ロボティクスという学問分野を通じて、多方面に社会に貢献できる人材を育成することを目指しています。そのためには、社会ニーズを把握した上で関連する技術動向を反映させる指導が重要であると考えており、学生には実際の現場に適用可能な社会実装を目標とした研究テーマを与えています。次に、研究成果を世の中に発信するため、すべての学生に対して国内・国際学会発表および学術論文の作成を積極的に推奨しています。最後に、研究室でのミーティングはもちろん他大学および企業との連携を通じて、複数人のグループでの働き方、コミュニケーション能力、プレゼンテーション能力等も鍛えることを目指しています。

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/~ji-y>



プログラミング言語と自動証明

研究を始めるのに必要な知識・能力

集合の基本的な知識、またはプログラミング能力のどちらか一方が必要です。前者に関しては授業科目の I120(基礎論理数学)で必要な知識を修得することができます。プログラミング言語やパズルの自動的解法などに興味があると楽しく研究できると思います。

この研究で身につく能力

当研究室では数学とプログラミングの両方ができる人材の育成を目指しています。研究者を目指す人はもちろん、企業の研究・開発職に行く人も JIS や ISO といった数学的に記述された文献を読みこなす力が求められています。数式を読み書きする能力、プログラムを数理的に理解し、説明できる能力を研究テーマを通して涵養します。

【就職先企業・職種】 情報通信関連の研究機関、システムエンジニアなど。

研究内容

強力なプログラミング言語機能やプログラムの自動検証技術の実現は、情報社会の発展とその安全を支えるために不可欠です。本研究室では項書換えと呼ばれる等式に基づく計算モデルの研究を行っています。項書換えは関数型プログラミング言語や定理自動証明、Mathematica のような数式処理システムの基盤理論であり、計算の原理や性質を解明することで、プログラム合成や解析、等式の自動証明や解の自動導出を目指しています。

最近の研究テーマをいくつか紹介します。

1. 自動証明

数学的な定理を自動的に証明することは人工知能分野の夢といっても過言ではありません。私たちのグループでは特に等式の自動証明について研究を行っています。物理学の運動方程式や制御工学の状態方程式などをはじめ、多くの分野で等式によるモデル化が用いられています。情報科学も例外ではなく、例えば関数型言語ではプログラムを等式の集まりで構成します。ひとたび等式系で表せば、等式から導出される式や方程式の解を調べることで、対象を分析することが可能になります。

■等式の証明

等式証明の基本は式変形です。式変形を繰り返し両辺が等号で結ばれれば、等号の成立を結論できますが、賢く行わないと変形が延々と続いてしまい証明が終わりません。自動化するには式変形を「賢く」行う必要があります。また証明に有益な補題をどう発見するのも重要になります。他にも等号の不成立をどう検知するか、反例はどう生成するのかなど、様々な研究課題があり、取っ掛かりやすいテーマだと思います。

■方程式を解く

実数の連立方程式はガウスの消去法により一般解を自動的に求めることができますが、情報科学分野では項や文字列を対象にした方程式を解きたいことが多々あります。例えば文字列に関する方程式 $ax = yb$ は $(x,y) = (b,a)$, (aab,aaa) などの解を無数に持ちますが、 (zb, az) という一般解があります。解を持つ条件や効率的に一般解を導出する系統的な手法を模索しています。

2. 計算理論

■停止性検証

ソフトウェアが応答しなくなったり、突然リソースを使い果たしダウンすることがあります。多くの場合、それらはプログラムが意図せぬ非停止状態に陥ったことに起因します。停止性を自動検証する技術は今世紀に入り飛躍的な発展を遂げました。現在、コンパイラや定理証明システムに組み込めるような軽量かつ実装が容易な停止性検証手法を目標に研究を進めています。

■計算量解析

停止性からさらに一步踏み込み、プログラムがどれくらいの速さで動作するか、つまり時間的計算量がどれくらいかを自動的に解析する研究にも挑戦しています。たとえばクイックソートのプログラムを入力に与えると、その時間的計算量である $O(n^2)$ と出力できるような解析技法とツールを目指しています。



主な研究業績

1. Nao Hirokawa and Aart Middeldorp: Automating the Dependency Pair Method. Information and Computation 199(1,2), pp. 172-199, 2005.
2. Nao Hirokawa and Aart Middeldorp: Tyrolean Termination Tool: Techniques and Features. Information and Computation 205(4), pp. 474-511, 2007.
3. Dominik Klein and Nao Hirokawa: Maximal Completion. Proceedings of the 22nd International Conference on Rewriting Techniques and Applications, Leibniz International Proceedings in Informatics 10, pp. 71-80, 2011.

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/~hirokawa/>

この研究分野で必要とする知識は極めて少なく、新たなる研究を始める人にとって参入しやすい分野です。広範な知識は不要ですが、用いる数学的概念の正確な理解は非常に重要です。研究室のセミナーと輪講により、その知識と数式の読み書きのスキルを修得します。また検証ツールや定理自動証明ツールには国際コンペティションがあり、それらの大会参加を推進しています。



材料の柔らかさを活かした次世代ロボットの開発

研究を始めるのに必要な知識・能力

自然の物事と現象を解明することにより、柔軟物を積極的に利用した新機能の機構を開発する本研究室は、分析力や実践力を求め、機能材料の力を借りて技術課題を解決する想像力を重視しています。また、特定の分野・知識を問わずに、ものづくりに興味を持つ学生を歓迎します。

この研究で身につく能力

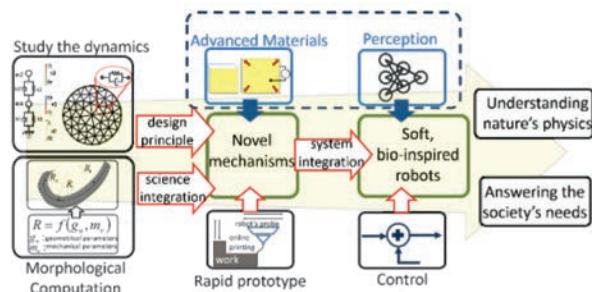
- ・機械設計、電子回路設計、加工方法
- ・プログラミング、制御
- ・計算、解析
- ・提案能力
- ・コミュニケーション能力、論文作成力
- ・グローバルな思考、起業魂

【就職先企業・職種】 機械設計会社、電機メーカー、大学等

研究内容

概要：

自然界のすべての現象には、何らかの形で必ずダイナミクスが関与しています。このダイナミクスを理解できれば、その現象を生じさせるために、メカニズムがどのように進化してきたかを理解することが可能になります。また、そのメカニズムをロボットの駆動装置または感覚装置に応用することで、新しい機構を創出できると考えられます。本研究室の長期研究計画・内容については以下の図をご参照ください。

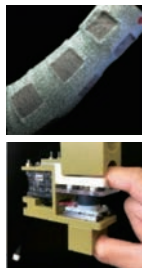


内容：

本研究では柔軟物とその形態制御を用いてセンシング装置・アクチュエーター・知能は以下のようなテーマで行われています。

【短期のテーマ】

- ① 繊維のような柔軟な質感を持つ新しい触覚センサの開発、そのマルチ・モーダルな特性を活かすセンシングに基づいた制御方法の開発を積極的に進めています。
- ② 遠隔操作システムにおいて、ロボット上の触覚センサによって得られた触感(圧力・摩擦・すべり)をヒトの指先に再現できる装置を開発しています。



- ③ しわのメカニズムにヒントを得た、柔軟性を有するアクチュエーターを用いて柔軟物を変形させることによって、同一のセンサのみでも異なるセンシング能力が得られる能動的な触覚センサの開発を目指します。



【長期のテーマ】

- ④ 柔軟物を掴めるソフトロボットハンドの開発
- ⑤ ラピッドプロトタイプ技術の開発
- ⑥ 柔軟な思考のあるロボットの開発 等

主な研究業績

1. Van Ho et al., IEEE Transactions on Robotics, Vol. 27, No. 3, pp.411-424, 2011
2. Van Ho et al., IEEE Sensors Journal, Vol. 13, No. 10, pp. 4065-4080, 2013,
3. Van Ho et al., IEEE Robotics and Automation Letter, Vol. 1, Issue 1, pp. 585-592, 2016



使用装置

3D プリンター、電動直動ステージ、6軸力覚センサ、触覚提示装置、小型 NC 加工機、高速度カメラ

研究室の指導方針

- ・修士課程、博士課程に関わらず、本研究室は右側の図が示すような「研究活動のサイクル」や「3C の研究者」を身につけた学生を育成します。そのため、毎週のミーティングで学生の進捗・成長を積極的にフォローします。
- ・研究活動において、各メンバーの発想・アイデアを尊重にして、PDCA (Plan・Do・Check・Action)を通じて具体的な実現方法が見つかるまで指導します。
- ・学生のキャリアパスの選択を全力でサポートします。





数学の定理の難しさ・複雑さを理解する

研究を始めるのに必要な知識・能力

時間をかけて数学の論証・証明を掘り下げるための根気と意欲と体力。集合や写像の基本的な扱いを始めとした数学の基礎事項(大学1~2年程度)が必要ですが、数学の知識は研究と並行して身につけていくこともできます。例えばツォルンの補題(知らなければ調べてみてください)の証明を自分の言葉で説明できますか?証明に何を使いましたか?こうしたことを丁寧に掘り下げ理解しようとする心が大事です。そしてこのような数学の議論と思考を楽しめ、興味を継続していけることが必須です。

この研究で身につく能力

論理的思考力と数学的な理解力、およびそれらを通じた問題解決能力。物事を数学の視点を用いて論理的に考察する能力は科学技術を研究する上での基本的な能力と言えるでしょう。数学の論証に慣れ、「数学的に理解する」ことを身につけることで研究の基盤となる論証能力を身につけることができます。また「理解した」状態を理解することは「分からない」や「難しい」ことを客観的にとらえることでもあります。何が分からないかを正しく理解することは、問題解決の最も重要な糸口となります。

研究内容

自然数の基本的な性質を表した自然数の公理体系(算術体系と呼ばれる)の上で表現される数学の様々な定理(命題)の強さ・複雑さ・難しさと言ったものを数学的に分析する「逆数学」と呼ばれる研究を中心に行っています。自然数の公理体系の上で表現される命題は幅広く、代数・解析・幾何学の基本的な命題から組み合わせ命題や理論計算機科学の問題といった様々な命題の難しさを調べることができます。定理の強さを分析する尺度には、証明の形式化に必要な公理や推論規則の強さ、計算機による計算可能性の視点からの複雑さ、導出される自然数上の関数の増加速度、といった様々なものがあります。これらの尺度を駆使しながら多面的に研究を進めています。また、これらの尺度の性質自体を調べるフレームワーク研究も並行して進めています。

組み合わせ論の逆数学研究

ラムゼイの定理を代表とする無限・有限の組み合わせ命題の多くは数学的に非常に複雑な構造を持っています。有限ラムゼイの定理やその亜種が現実の計算機ではとても計算できないような急増加関数を導くことはよく知られています。実はその背景には無限ラムゼイの定理の難しさがあります。実際、無限ラムゼイの定理は計算可能性の視点から非常に複雑な解を持つ場合があることが知られており、このことが有限ラムゼイの定理の解の大きさを推定する難しさと密接に関わっています。一方、ラムゼイの定理は理論計算機科学にも様々な応用を持ちます。その一つがプログラムの停止性検証で、ラムゼイの定理の数学的に精密な分析からは、例えば一定の条件を満たす停止性検証プログラムの理論的な限界を知ることができます。

公理の強さと証明の長さ

数学の定理を計算機にも検証できるような形で記述するためには数学の証明を形式化する必要があります。この証明の形式化により、数学の証明に用いられる公理の強さや証明の複雑さを分析することができます。一つの定理を証明する際に、もし使う前提

をできるだけ少なくしようとすれば長い証明が必要になるかもしれません。一方、強い公理や既存の別の定理を用いれば、同じ定理をはるかに短く証明できることもあります。このような証明の長さや複雑性を数学の道具で分析します。こうした研究では、形式的な証明体系の能力の数学的な限界を与えた「ゲーデルの不完全性定理」が重要な意味を持ちます。

自然数の超準モデル

自然数の代数構造と数学的帰納法を数学のための公理として捉えると、自然数と同じ代数構造と帰納法の性質を満たしながら、自然数全体とは同型にならないような数学的な構造(超準モデル)を構成することができます。超準モデルの構造を理解することで公理の強さ・証明の不可能性・自然数命題の複雑さと言った直感的に理解しがたい概念をより具体的なイメージで理解することができます。

上記のテーマを含め、多くのテーマについて米国、シンガポール、中国、英国、フランス、ベルギー、ポーランドなどの研究者と幅広く共同研究を行っています。

主な研究業績

1. Ludovic Patey and Keita Yokoyama, The proof-theoretic strength of Ramsey's theorem for pairs and two colors, *Advances in Mathematics* 330, pages: 1034-1070, 2018.
2. Alexander P. Kreuzer and Keita Yokoyama, On principles between Σ_1 - and Σ_2 -induction, and monotone enumerations, *Journal of Mathematical Logic* 16, no.1, 21 pages, 2016.
3. Silvia Steila and Keita Yokoyama, Reverse mathematical bounds for the Termination Theorem, *Annals of Pure and Applied Logic* 167, pages: 1213-1241, 2016.

使用装置

紙と鉛筆とコーヒー

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/~y-keita/>

研究課題は数理論理学に関連する数学のテーマで指導教員の指導できる範囲であれば自由に選ぶことができます。英語で教科書や文献を読み、証明を理解し、セミナーでそれを説明し、内容を自らの言葉で再構成する、というステップを繰り返しながら研究テーマの理解を深めていきます。調べることも、証明を考え、理解することに重点がおかれます。また、自身の研究の範囲に留まらず、研究室内外の他のセミナーに参加したり自主ゼミを行うことなどにより他の研究分野にも興味を広げることが推奨します。研究室を訪問する国内外の多くの研究者との積極的なコミュニケーションも重要です。自力で理解を掘り下げながら、コミュニティの中で研究の幅を広げ、質を高めていけるよう努めましょう。

ゲーム・エンタテインメント領域

人工知能など幅広い情報技術を探究・活用し、
楽しく学び楽しく暮らせる社会に貢献

■ 領域の概要

便利で安全・安心な社会のために、情報技術は欠かせないものになっています。これをさらに「楽しく学び楽しく暮らせる社会」にするため、本領域では人工知能や人間情報処理など幅広い技術を駆使し、人とコンピュータのより良い関係を目指しています。人を楽しませることのできるゲーム AI、人の学習を支援するシステムやゲーム AI、人にとってのゲームやパズルの面白さ・難しさの定量化、人と交わるための高度な自然言語処理や画像処理など、重要性を増している困難な課題に学際的に取り組み、社会に貢献します。

■ キーワード

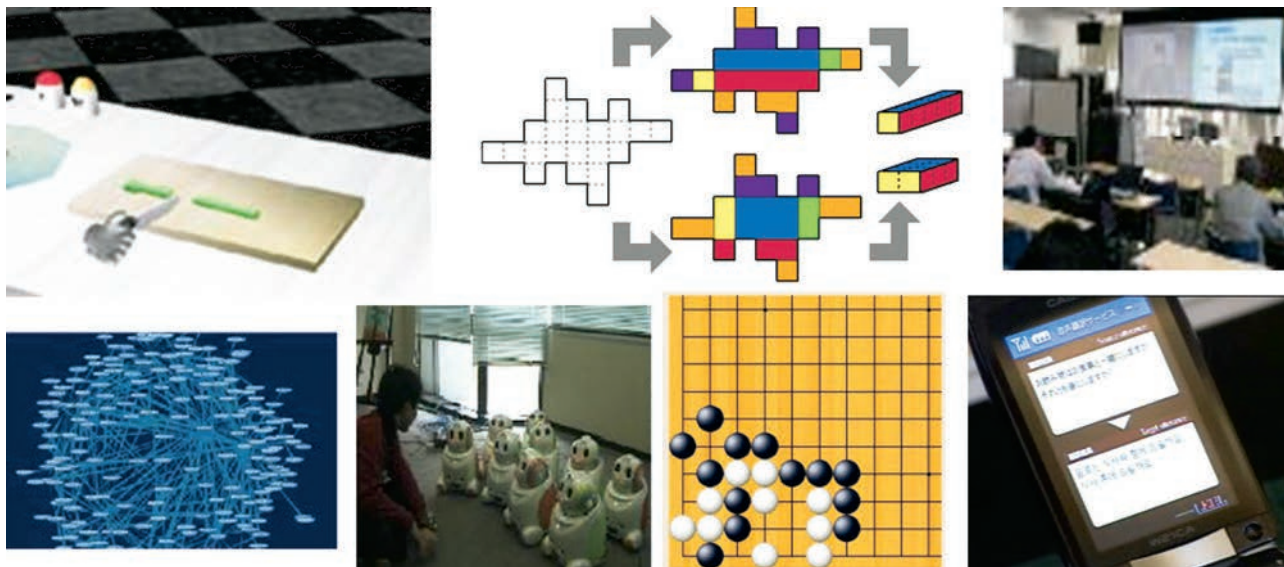
人工知能、ゲーム AI、機械学習、自然言語処理、学習支援システム、ゲーミフィケーション、アルゴリズム、計算幾何学、画像情報科学、コンピュータビジョン

■ 教育研究の方針

本領域は、ゲーム、機械学習、学習支援、自然言語、AI、コンピュータビジョンの各要素技術を集約し、人間の知覚・認識・思考・感情などの深いレベルの特性の解析とモデル化を合わせることで、人にとっての幸せを実現するエンタテインメントを科学します。そのために、情報学の基盤技術や基礎理論、各分野の専門知識を修得するための教育を行い、さらに研究を通して問題発見・モデル化と具体化・実装と評価・プレゼンテーション・コミュニケーション・スケジューリングなど、高度な科学者・技術者としての能力を養います。

■ 就職実績

(株) OKI ソフトウェア、オムロン(株)、セイコーエプソン(株)、凸版印刷(株)、(株)野村総合研究所、(株)日立製作所、三菱自動車工業(株)、(株)メルカリ 等



(上段左から) 料理レシピからのアニメーション生成、2種類の箱が折れる展開図、遠隔講義
(下段左から) ネット上のエンタテインメント、コミュニケーションロボット、話基の自動生成、モバイル端末上の自動翻訳



名人の思考に学び、機械の思考を深化させ、思考の世界を探求する

研究を始めるのに必要な知識・能力

物事を広角にとらえられる能力。学部レベルの基礎的な学力。

この研究で身につく能力

問題を発見する能力およびそれを解決する能力を磨く。課題に対して論理的に探求する方法論を学ぶ。参考文献を調査し、関連研究を整理する能力を鍛錬する。研究成果を理路整然とまとめる能力。世界に通用する能力が身につけられる。

【就職先企業・職種】 IT系企業、エンタテインメント系企業、教育機関、IT技術者、ゲームデザイナー

研究内容

1. ゲーム洗練度の理論

思考ゲーム、ビデオゲーム、スポーツ競技、あるいは、日常の何気ない出来事の中で、終了間際まで結果が判らないためにハラハラ・ドキドキする場面に遭遇することがあります。そのような状況でしばしば心地よいスリル感を味わった経験をお持ちのことでしょう。このように、結果の不確実性がゲームの面白さに直結しています。こうして、試合結果に関する情報の時間推移モデルから情報加速度を導出し、ゲームのスリル感に相当する指標をゲーム洗練度の指標として提案しました。長い歴史を経て洗練淘汰されてきたゲームでは洗練度の指標の値がほぼ同じになると仮説的に考えています。古典的なゲーム理論ではプレイヤー目線での最適戦略を探求するのに対し、ゲーム洗練度の理論ではゲーム設計(プレイヤーのQOL)の最適化を目指します。人間の脳が心地よいと感じるゲームの設計理論と言えるでしょう。この理論を発展させることで、既存のゲームの進化論的変遷を紐解くだけでなく、理想的な生活環境の実現に貢献できることを目指しています。

2. 名人の大局観

チェスや将棋などの伝統的な思考ゲームにおいて、コンピュータは名人を超えるほどに強くなっています。しかし、人間の思考の本質的な部分については未解決のままです。コンピュータゲームの今後の研究は、名人の大局観のメカニズムを理解し、その高度な技術の社会応用が重要な課題となっています。典型的な例の一つとして名人の投了があります。

3. 思考の世界の力学

ゲーム洗練度の理論の考案に先立って情報加速度の概念を提唱しました。ニュートン力学によれば、「力」は質量と加速度の積として求められます。思考の世界の質量はどのように定義されるのでしょうか。ゲームで言えば、局面での決定性の複雑さ(decision complexity)、あるいは、対象となる問題の本質的な難しさであると考え研究を進めています。思考の世界における力の大きさが達成感などの感情(エンタテインメント)への影響の大小と関わって

いるのではないかと考えています。思考の世界の力学に挑戦してみませんか。



図1. 階段ジャンケンの例

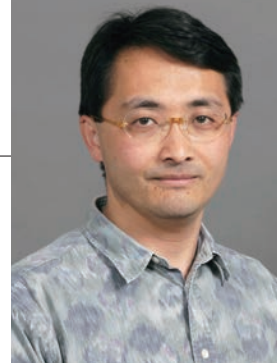
戦略の最適化としてナッシュ均衡(ゲーム理論)が重要である。一方、ゲーム洗練度の理論はゲーム設計の最適化(例えば、適切な階段数の特定)に有用である。

主な研究業績

1. Computer Shogi, H. Iida, M. Sakuta and J. Rollason, Artificial Intelligence, 134, 1-2, 121-144, 2002
2. Game refinement theory: Paradigm shift from performance optimization to comfort in mind, S. Agarwal, M. N. A. Khalid, H. Iida, Entertainment Computing, 32, 2019,
3. Dinh, A.V.N., Bao, N.P.H., Khalid, M.N.A. and Iida, H. Simulating competitiveness and precision in a tournament structure: a reaper tournament system. Int. j. inf. Tec nol. 12, 1-18, 2020

研究室の指導方針

博士前期課程では論文執筆を重点的に訓練します。研究テーマに関連する分野のサーベイや新たなアイデアの創出・記述法などを学びます。博士後期課程では世界レベルの研究を遂行できるように指導します。本学は当該分野の世界的研究拠点となっており、これまで構築した世界的なネットワークを活用し、最先端の興味深い研究を実践します。論文執筆においては、研究の質により重点を置き、世界的に高い評価を得られる学位論文の作成を目指します。



折り紙、パズル、ゲームを学んで 柔らかな知力を身につけよう！

研究を始めるのに必要な知識・能力

数学に関しては、基礎的な離散数学やグラフ理論が必要となる。授業科目の「アルゴリズムとデータ構造」程度の知識は必須となる。パズルやパズル的なもの、折り紙やアルゴリズムに興味があり、何かをずっと考え続けることが好きなこと。

この研究で身につく能力

研究活動は、まず研究対象となる問題を把握すること、把握した問題を解決すること、結果を発表することという三つの段階からなる。修士研究においては、自分で独自の問題をゼロから見つけてくることは簡単ではない。そこで、グラフアルゴリズムなどの基礎分野の学習を通して、現在解かれていない問題や解くべきテーマを見つけることを目指す。この際に、日本語だけではなく、英語の文献を読む能力を身につける。問題解決に関しては、基礎理論をきっちりと身につけて、それを使いこなして解決する能力の獲得を目指す。また研究活動においては、十分なプレゼンテーション能力を身につけることも重要である。一連の研究活動を通じて、知的な基礎体力が身につく、長期的な問題解決能力が向上する。

【就職先企業・職種】 情報通信・情報処理産業、技術コンサルタント会社など

研究内容

折り紙やパズルといった、一見、情報科学とは関係がなさそうなテーマの中にも、実はコンピュータサイエンスが隠れている。例えば「折り」を基本的な演算であると考えたとすると、「折り紙を折る」という行為は、コンピュータでいうところのアルゴリズムに対応する。つまり同じ折り紙でも、効率のよい手順を考えたり、ある種の問題の困難性を数学的に示せることもある。こうした「問題の抽象化」は、実はあらゆる分野に応用がある。そして抽象化した問題の「解法を理論的に考える」ことこそ、まさに理論計算機科学の醍醐味なのだ。

時には、ある問題が「どうしてもなく難しい」ということが理論的に示されてしまう場合もある。難しいからといってあきらめられればよいが、そうも言っていない。こうした「計算が困難な問題」に対して、何らかの妥当性をもつ解を、現実的な時間で与えることが上原研究室のメインテーマの一つである。

その一方で、ある問題に対して、有効な解決方法が見つかることもある。そこにはそれまで誰も知らなかった解法があるはずで、その解法の記述こそが「アルゴリズム」である。良いアルゴリズムには、単なる思い付き以上の理論的な保証がある。こうした効率のよいアルゴリズムの理論保証も、上原研究室のメインテーマの一つである。

もう少し具体的に上原研究室の研究テーマを詳しく説明しよう。以下の三つのテーマが最近の中心的研究テーマである。

①計算折り紙

計算折り紙は計算幾何学の中でも新しいテーマであり、特に折りのアルゴリズムや計算量については、日本では本研究室が最先端である。例えば単純なジャバラ折りを例として取り上げてみよう。端から順に折り目をつけていけば、簡単に折り目をつけることができる。しかし、紙を重ねて一度に折れば、もっと早く折り目をつけることができるのではなかろうか。こうした折りを定式化して、効率のよい折り手順を考えることこそ、アルゴリズムの開発に他ならない。そして実際、非常に高速にジャバラを折るアルゴリズムが存在する。こうした効率を理論的に評価して、アルゴリズムのよさを示すことができる。

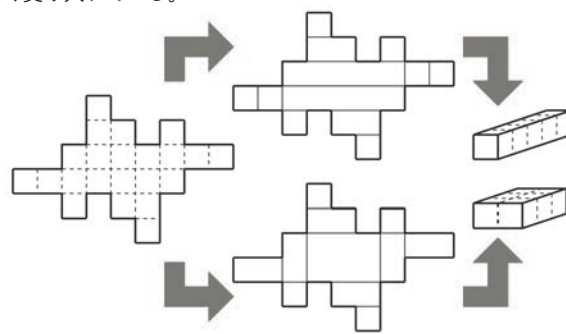
また一方で、紙の重なりが多くなると、誤差が出たり、折りにくくなったりしてしまう。こうした紙の厚みを評価基準にすれば、まったく別の評価基準に基づいたアルゴリズムの問題を考えることができる。こうした問題のモデル化や理論的な解析が計算折り紙の重要なトピックである。

②ゲームやパズルの計算量

パズルやゲームの理論的な困難さや、具体的な解法のアルゴリズムの効率の研究も、理論計算機科学の世界では昔から活発に行われている。それはパズルやゲームが、ある種の計算メカニズムとみなせるからだ。ある種のゲームやパズルは、計算の本質を抽出し、アルゴリズムや計算量の研究対象として非常に有用である。

③グラフアルゴリズム

世の中の「つながり」は、抽象的なグラフ構造で表現することができる。こうした抽象化モデル上でのアルゴリズムの研究や開発は、現実的なアルゴリズムにもつながり、その一方で、グラフ上での困難性の証明は、その問題の本質的な難しさを浮き彫りにしてくれる。以上の他にも、理論計算機科学や離散数学に関する研究テーマを全般的に手がけており、そうした研究テーマをやりたい学生は、幅広く受け入れている。



2つの異なる箱が折れる展開図の例

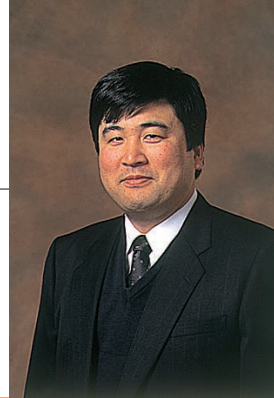
主な研究業績

1. Dawei Xu, Takashi Honjima, Toshihiro Shirakawa, and Ryuhei Uehara: Common Developments of Three Incongruent Boxes of Area 30, COMPUTATIONAL GEOMETRY: Theory and Applications, Vol. 64, pp. 1-17, August 2017.
2. Erik D. Demaine, David Eppstein, Adam Hesterberg, Hiro Ito, Anna Lubiw, Ryuhei Uehara, and Yushi Uno: Folding a Paper Strip to Minimize Thickness, Journal of Discrete Algorithms, Vol. 36, pp. 18-26, January 2016.
3. Erik D. Demaine, Martin L. Demaine, Eli Fox-Epstein, Duc A. Hoang, Takehiro Ito, Hiroaki Ono, Yota Otachi, Ryuhei Uehara, and Takeshi Yamada: Linear-Time Algorithm for Sliding Tokens on Trees, Theoretical Computer Science, Vol. 600, pp. 132-142, October 2015.

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/~uehara/>

本研究室では、基礎理論の研究活動を正しく理解し、それを実践できる学生を育成することを目指している。コンピュータサイエンスにおける基礎理論の研究活動は、1)具体的な問題を抽象化するモデル化、2)問題解決のためのアルゴリズムの開発、3)開発したアルゴリズムの理論的評価という三つの柱を持つ。この三つを実践する力のある学生を育成することが本研究室の目指すゴールである。また、研究成果は必ず外部で発表することを常としている。成果のプレゼンテーションも研究活動のまとめとして重要であると考えている。学生が中心となる学習目的のゼミを週に1回程度行い、その際は日本語または英語の書籍や論文を教材にする。



…?…!…?…!…??…!!…??…!!
♪…mod%#@…

研究を始めるのに必要な知識・能力

研究課題により必要な知識は異なります。例えば数学的手法で取り組む課題では線形代数などの基礎知識が必要ですが、グラフィックスのようにセンスが重要な課題もあります。物事を順序だてて考え表現する論理的な思考能力を育てたい…、その可能性を持っていることを期待します。

この研究で身につく能力

本研究室での研究課題はいわゆる「例題」とみなせる。例題を解くために必要な基礎知識を調べ獲得し、これを基に解を与え、表現する…、この一連のプロセスを複数回経験することにより論理的思考能力と経験に基づく自信を身につけることを目指します。また獲得した知識は他の「例題」にも応用可能であることに気づく…。更に自分自身で「例題」を発見、見出し、創出するレベルに到達出来れば博士の学位を授かることが出来るでしょう。更に…、あなたは上記のキャッチフレーズを理解できますか？文字化けではない。テキストでなく視覚から得た情報をどのように活用するか。このセンスを身につけて欲しい。

【就職先企業・職種】 情報通信・情報処理産業、各大手、中堅企業など

研究内容

【研究概要】

コンピュータを用いて画像を解析・理解・記述し、これに基づいた反応や新たな画像を生成するコンピュータイメージングシステムの実現に挑戦しています。画像認識、CG、コンピュータビジョンの基礎研究から応用研究に取り組んでいます。

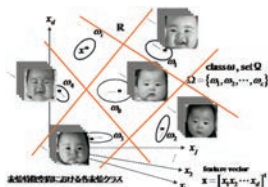
【画像研究のおもしろさ】

私たちは外界の情報の約80%を目(視覚)から得ています。そして、視覚からは物の形や色だけでなく人の感情や意図も伝わります。例えば、笑顔は顔が平時より変形しているだけでなく、「楽しい」、「うれしい」等の感情を受け手に感じさせます。しかも、直接、見た時だけでなく、笑顔の写真、ディスプレイに表示された笑顔を見ても同様の感覚を受け手に与えます。つまり、全く異なるメディアを介しても視覚情報は感情や意図までも伝えられるのです。それならば、例えばデジタルデータ化しても必要な情報は残っているので、このデータから私たちに代わってコンピュータに必要な情報を抽出、処理、認識、表現させようというのが画像研究なのです。

【IAM と IAS】

私たちは画像解析、理解、生成の研究を画像の統計的、数理的モデルに基づく Image Analysis by Modeling と合成や生成による複雑系解析に基づく Image Analysis by Synthesis と呼んで、各々に取り組んでいます。

IAM：これは画像をベクトル x で表し、関数 T と演算してベクトル y を得る簡単な式ですが、概念として空間から別の空間へ写像する意味も含みます。空間が画像特徴を表すのに適すよう T を統計的、数理的に与えれば、この空間で高精度・効率的な特徴抽出や処理、認識を行えます。例えば図のように顔画像を表情クラスがよく分離する特徴空間へ写像すれば高精度な表情認識を実現できます。「顔画像解析」、「3D自由視点画像生成」、「動画画像解析」



等の研究に取り組んでいます。



IAS：複雑系では解析が難しい問題に対して関数 T を仮定して波形や画像を合成し、評価結果のフィードバックと再合成を繰り返して T を見つける手法があります。「自然物の質感を再現するCGモデル」、「油絵風CGモデル」等の研究に取り組んでいます。



主な研究業績

1. T. Tran, F. Chen, K. Kotani, L. Hoai-Bac, "Extraction of Discriminative Patterns from Skeleton Sequences for Accurate Action Recognition", Fundamenta Informaticae 130(2014)1-15.
2. H. Nguyen, K. Kotani, F. Chen, and B. Le, "Estimation of Human Emotions Using Thermal Facial Information", The 2013 5th International Conference on Graphic and Image Processing (ICGIP 2013), 2013.
3. Makoto Shohara and Kazunori Kotani, "The Visual Perception Sensitivity for Achromatic Noise and Chromatic Noise", IEEE International Conference on Image Processing (ICIP) 2013

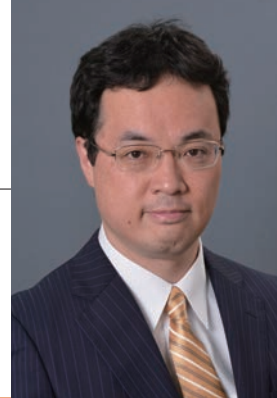
使用装置

パーソナルロボット PaPeRo 10台
sensor fusion system
3D デジタイザ、3D 画像入力装置、3D 画像表示装置
サーモグラフィー
力覚デバイス、手術シミュレータ

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/kotani-lab/index.html>

本研究室は画像研究を専門としていますが配属される学生は学部時に画像処理等の勉強経験の無い人がいます。このため、まず画像工学の基礎と応用について集中セミナーを行い、画像研究に触れることから始めます。既に卒研などで知識を有する人は先に進んでもらいます。取得単位、就活等を考慮しつつ主テーマ研究の議論、プロポーザル提出、研究推進、学会発表等を行い、修士研究のまとめと審査へと進めます。一貫して学生に約束している事は「決して見捨てない、最後まで面倒を見る」であり、賞をもらう学生もいれば、4年かけて修了する人もいます。



強いゲームAI、楽しませるゲームAI、 教えるゲームAI

研究を始めるのに必要な知識・能力

集合、関数、確率といった数学的概念の基礎。何らかのボードゲーム・テレビゲームが好きで、かつ、不満を感じることができること。できれば、ある程度のプログラミング技術・経験。できれば、英語の技術文章が読めること。

この研究で身につく能力

研究には大きく分けて3層の能力、(1)ゲーム情報学の専門知識 (2)人工知能やプログラミングなどの情報技術 (3)知的労働者としての一般的な能力が必要で、それらを身につけることを目指します。(2)では、対象や将来設計に合わせ最適化・機械学習・木探索などの技術を学ぶとともに、“人に読まれる” “長期的に保守する”ことを意識したプログラミングの能力を身につけます。(3)では、対象を深く考察し問題を発見する能力、それに対し多角的な接近を検討し試験する能力、結果を客観的に比較判断し研究サイクルを回す能力、相手に合わせて図や例や式を用いて分かりやすく手法や結果を説明する能力、必要に応じて文脈を踏まえた報告・連絡・相談をする能力、長期的な目標を分解して短期中期のスケジュールを立てる能力などを身につけることを目指します。

【就職先企業・職種】 ゲーム関連企業への就職もありますが、一般的なIT企業へのSE等での就職が多いです。

研究内容

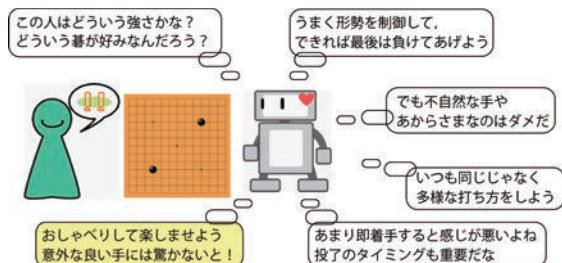
【概要】

将棋・囲碁が知識人の嗜みとされた古来より、ゲームは人類の大切な文化です。コンピュータの登場によりテレビゲームがその仲間に加わり、また従来のボードゲームでもコンピュータプログラム(AI)が人間の相手をしてくれるようになりました。将棋やチェス、最近では囲碁でもコンピュータはプロレベルの強さを持ちますが、麻雀など、もっと複雑なゲームではまだ十分な強さには至っていません。また、単に強いだけでは人間を満足させられないことも分かっています。我々は、木探索・最適化・機械学習・シミュレーションなどの人工知能技術を用いてこれらの課題を解決し、人とゲームとコンピュータの良い関係を実現します。

【楽しませる・教えるゲームAI】

人間の相手となるようなゲームAIには、実にさまざまな能力が要求されます。弱すぎず強すぎず人間プレイヤーの力量や好みに合わせて強さを“悟られずに”調整できること、挙動が自然であること、いつも同じことばかりせず多様で時には思いもつかないことをしてくること。あるいは人間とゲームAIがチームを組むような場合には、人間がどのようなゴールを目指して行動しているのかを汲み取り、それに合わせてあげることも必要になります。さらには人間を指導するようなゲームAIも目標の1つです。

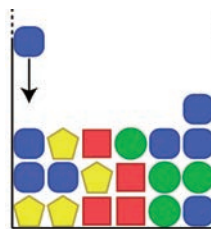
ゲーム情報学の分野はこれまで強さを求めた研究が主流で、楽しませる・教えるといった研究は始まったばかりです。現在池田研究室では、接待基プロジェクト(下図)を中心に、そのベースとなる囲碁プログラムNomitanの開発、ロールプレイングゲームにおける意図を汲み取る仲間AI、パズルゲームのやりがいのある問題作成、本物よりも乱数らしく見える疑似乱数、感情を感じられるアクションゲームのキャラクタの演出、状況に応じて戦略を変える麻雀AIなど、メンバーごとの好きなゲームや問題意識に合わせてさまざまな内容を研究しています。



【研究用ゲームAI開発環境】

ゲームAIを学問として研究する場合、研究者ごとに独自のゲームに取り組んでいたのでは比較や再現が困難です。市販のゲームをそのまま使うことは問題が多く、またルールが複雑な場合が多いことから、研究用に統一したルールを定めて開発環境を公開することが有益です。いくつかのゲームではそのような開発環境がすでにあり、国際会議等で競技会が行われるなど活用されていますが、主に日本での有名なゲームの場合は十分なものがありませんでした。

そこで我々は、落下型アクションパズル(下図左)、ターン制ストラテジー(下図右)について研究用にルールを策定し、開発環境を公開し、自分達で強いプログラムを作るほか、他大学等でも利用してもらっています。今後もこれらの改善・普及を行うとともに、別のタイプのゲームについても検討していく予定です。



主な研究業績

1. Tianwen Fan ら, Position Control and Production of Various Strategies for Deep Learning Go Programs (深層学習囲碁プログラムによる手加減と多様な戦略の演出), TAAI, 2019
2. SangGyu Nam, Kokolo Ikeda, Generating Stages in Turn-Based RPG using Reinforcement Learning (強化学習を用いたターン制RPGのステージ生成), IEEE CoG, 2019
3. 池田心: 楽しませる囲碁・将棋プログラミング, オペレーションズ・リサーチ学会, 2013

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/ikeda-lab/>

国内学会での発表ができるレベルを修了の目安とし、学生ごとの“ゲームへの愛情と不満”をもとにした研究を意欲的に行ってもらいます。一方で、情報系企業の知的労働者として活躍できるように、チームの一員としての活動の仕方(チームプログラミング、報告・連絡・相談、プレゼンなど)を身につけることを重視しています。随時の指導とは別に、週1回のゼミ(発表は2~3週に1回)、平日昼の顔合わせミーティング、メールでの週末の定期報告などを行っています。



ことばを理解するコンピュータ

研究を始めるのに必要な知識・能力

言語に関する関心、自然言語処理に関する研究を究めようとする向学心、アルゴリズム・オートマトンに関する基礎知識。

この研究で身につく能力

当研究室では自然言語処理を主な研究テーマとしています。まず、自然言語処理に関連する過去の研究を調査し、未解決の問題を発見し、それを整理して研究テーマとして設定する能力を養います。指導教員からの助言をもとに進めることになりますが、特に博士後期課程の学生は問題を主体的に発見することに取り組みます。次に、研究テーマの課題の解決方法を探究する能力を養います。重要な問題は何かを見極め、それらの問題解決に必要な言語処理技術や方法を発見します。最後に、得られた成果を論文としてまとめる能力やプレゼンテーション能力を養います。学位論文の執筆や学内・学外での研究発表を通じてその能力を磨きます。

【就職先企業・職種】IT 産業、情報システム開発

研究内容

自然言語処理とは、我々が日常使っていることばをコンピュータに理解させ、それを加工したり新しいサービスを提供する技術です。自然言語処理は我々の生活をより豊かにする大きな可能性を秘めています。一方でコンピュータに言語を理解させることは大変難しいことでもあります。我々の研究室ではこの困難な課題に積極的にチャレンジしています。

当研究室における主な研究テーマは以下の通りです。

(1)大量のテキストに基づく自然言語解析

自然言語解析とは文の意味をコンピュータに理解させる処理を指します。文の意味を正しく理解するためには多くの知識や規則が必要です。一方、言語で使われる表現は実に多様であり、様々な文を正しく解析できる知識や規則を網羅的に用意することは困難です。当研究室では、大量のテキストから得られる統計的知識を利用することで様々な文を正確に解析する技術を研究しています。

(2)ウェブアクセス支援

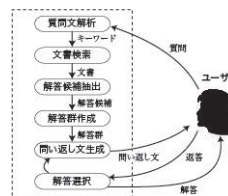
ウェブアクセス支援とは人間によるウェブ検索をサポートする技術です。対話型質問応答システムはその一例です(左図)。質問応答システムとは、「ワールドカップの優勝国はどこですか?」といった質問に対し、その回答をウェブから検索し、答えるシステムです。ところが、ユーザから入力された質問の意味が曖昧なために正しい回答がわからない場合があります。先ほどの質問の場合、ワールドカップの種目(サッカー、ラグビー、バレーボール)や開催年によって回答は異なります。そこで、システムからユーザに対して「ワールドカップの種目は何ですか」「何年のワールドカップですか」といった問い返しを行い、その返答によって正しい回答を絞り込みます。

(3)評判情報検索

近年、多くの人がウェブ上のブログやSNSに製品やサービスの評判を書き込んでいます。このような他者による評判は、製品の購入やサービスの提供を受けることを検討している人にとって有益です。評判情報分析とは、ユーザによるレビュー文を解析し、それが肯定的な意見か否定的な意見かを自動的に判定し、またその解析結果を集約して、製品やサービスに関する世間の評判を自動的に解析する技術です。

(4)自然言語処理応用システム

自然言語処理の技術を用いた様々な応用システムに関する研究に取り組んでいます。例えば、コンピュータとおしゃべり(雑談)を楽しむことのできるチャットシステムを開発しています。また、料理レシピからのアニメーション生成の研究にも取り組んでいます(右図)。レシピの中には、「そぎ切りにする」「三枚におろす」といった料理特有の表現があります。料理の初心者には、このような表現の意味がわからないため、レシピにしたがって料理することができない場合があります。そこで、レシピに使われる基本調理動作をアニメーションで表示することでユーザのレシピの理解を助けるシステムを開発しています。



主な研究業績

1. Kiyooki Shirai, Tomotaka Fukuoka. JAIST Annotated Corpus of Free Conversation. The Eleventh Edition of the Language Resources and Evaluation Conference, pp.741-748. 2018.
2. 福岡知隆, 白井清昭. 対話行為に固有の特徴を考慮した自由対話システムにおける対話行為推定. 自然言語処理, Vol.24, No.4, pp.523-546, 2017.
3. Piyoros Tungthamthiti, Kiyooki Shirai, Masnizah Mohd. Recognition of Sarcasm in Microblogging Based on Sentiment Analysis and Coherence Identification. Journal of Natural Language Processing, Vol. 23, No. 5, pp.383-405, 2016.

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/nlp/lab/index.php?Top>

本研究室では、自然言語処理を研究テーマとしていますが、他のテーマにも応用できる一般的な問題発見能力、問題解決能力、プレゼンテーション能力を高めることを目指しています。これらの能力を高めるため、輪講(過去の文献の内容を発表して情報を交換する会)、ゼミ(自身の研究を発表してその内容を議論する会)を実施しています。また、指導教員と学生の研究打ち合わせを適宜行い、助言を与えつつ、研究課題を解決する手法を自力で発見することを促します。



「学び方の学び」を支援する 学際的研究環境

研究を始めるのに必要な知識・能力

学習や教育などといった人間の知的情報処理に対する興味・関心を持っていることを期待しています。教育工学、人工知能、ソフトウェア工学、映像音声工学のいずれかの分野について基礎的知識を持っていると、スムーズに研究をスタートすることができます。

この研究で身につく能力

研究活動を通じて、研究課題の設定・研究対象のモデル化・関連研究の調査・支援システムの設計／開発／評価等の基本的な進め方を身につけることができます。研究分野の動向や新しい情報技術を自分の視点から捉え直し、発想したアイデアを実現するだけでなく、研究活動を自分のキャリアや興味・関心に関連付けることで、就職までのプランを設計し、普段の活動を定期的に振り返り、自分自身の活動スタイルを再構築できるようになることを推奨しています。さらに、研究成果をわかりやすく論文やプレゼンテーションにまとめて発表するとともに、積極的に他者とのコミュニケーションを取り、多様性を肯定した上で改善・発展の方法を考えることを通じて、主体性・協調性・建設性の向上が期待できます。

【就職先企業・職種】 情報通信産業、教育産業、学校教員など

研究内容

世界中の学習者が良質な学習資源に自由にアクセスできる環境が整いつつある現在、従来の教育・学習環境における時間的・空間的な制約を軽減し、学びたい人が学びたいことをいつでもどこからでも学ぶことができる、「開かれた学び」をどのように支援するかが当該分野の中心的トピックになっています。こうした学習支援研究においては、従来の「知識」そのものを学ぶことを支援することだけでなく、必要に応じて知識を獲得するための「知識の学び方」そのものを学ぶことを支援することが重要になります。我々の研究室では、以下に挙げるような具体的な研究テーマに取り組みながら、学習工学を中心に、ソフトウェア工学、映像・音声工学、人工知能のアプローチを組み合わせ、「学び方の学び」を支援する体系的な方法論を確立することを目指しています。また、今後本格的に普及が始まる「教育・学習のICT化」に対応するために、数年以内に運用可能な実践的な研究テーマを設定し、地理的・時間的に分散した環境におけるインタラクションを通じた教育デザインや運用支援に関する研究にも取り組んでいます。

■主体的 WBL 学習支援環境の開発

我々がWebブラウザを利用してインターネット上で学習を行うWeb-based Learning (WBL)は、学習者が主体的に知識構造を作り上げることで、高い学習効果を期待することができます。本研究では、こうした主体的WBLにおける「メタ認知活動」に注目した支援機能の開発を行っています。「メタ認知活動」とは、学習者自身が学習活動のプロセスや知識量、特性などをメタ(高次)の次元から認識して、自分自身の学習活動を修正していく活動を意味しています。こうした活動を支援することにより、学習者自身がメタ認知活動を意識し、その能力を向上させていける環境を提供することを目指しています。

■研究活動支援環境の開発

我々が日々大学で行っている研究活動は、複数の研究者や学生で構成される研究グループの元で膨大なコンテンツを生成・利用しながら進められています。本研究では、研究者および学生のチームからなる研究活動をモデル化し、研究活動を様々な側面から支援する機能を開発するとともに、研究室の活動を一種のコミュニティオブプラクティス(実践コミュニティ)として捉え、新たに研究コミュニティに配属される研究初学者に対し、従来暗黙的に継

承されてきたインフォーマルな経験情報を一種の研究活動スキルとして再構成して学習する過程を支援する環境を開発しています。

■遠隔教育・学習環境の設計支援

遠隔教育・学習を実現するために構築されるシステムは、講義の目的や形態、特性などといった教育工学的な制約条件と、システムで利用される通信技術や映像音声技術といった情報工学的な技術要素からなる、複合的な要求要件の下で設計されています。本研究では、効果的な遠隔教育・学習システムの設計を支援するための方法論として、遠隔拠点間で発生するコミュニケーションパターンに着目し、過去の実践事例を再利用可能な形で体系化することで、システム設計を支援する技術の開発を行っています。



主な研究業績

1. H. N. Ocharo & S. Hasegawa: Using Machine Learning to Classify Reviewer Comments in Research Article Drafts to Enable Students to Focus on Global Revision, Education and Information Technologies, Volume 23, Issue 5, pp.2093-2110, (2018).
2. D. Wahyudin, S. Hasegawa, & A. Kamaludin: Students' viewpoint of computer game for training in Indonesian universities and high schools, Education and Information Technologies, doi:10.1007/s10639-016-9522-9, (2016).
3. H. Li, H. Kira, & S. Hasegawa: Cultivating Listening Skills for Academic English Based on Strategy Object Mashups Approach, IEICE Transaction Information & system, Vol. E99-D, No.6, pp.1615-1625, (2016).

使用装置

講義アーカイブシステム
ビデオ会議システム
PC 会議システム

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://dlc.jaist.ac.jp/hasegawa/>

本研究室では、人間の知的情報処理過程をより快適に／効果的にするための支援環境を設計・開発・運用・体系化することを題材として、社会に必要なトランスファラブルスキルを育成することを意識しています。スキルに対して達成度のレベルを判断する基準であるルーブリックを設定し、マイルストーン毎に学生に自己評価させる仕組みを研究室運営に取り入れています。また、ミーティング等の活動を収録したり、議論の内容をデータベースに蓄積することで、日々の研究活動をポートフォリオとして活用する試みも進めています。

環境・エネルギー領域

環境・エネルギー問題の解決に資する先端科学技術を学び
実践して、持続可能な未来社会を実現

■ 領域の概要

液体プロセスなど新手法による再生可能エネルギー材料の創成と太陽電池や熱電変換デバイスへの応用を目指す再生可能エネルギー材料・デバイス技術、高耐熱・高力学強度バイオプラスチックを中心とした元素化学・バイオ機能ベース持続可能技術、ナノ電子機械デバイスによる先端環境センサーとゼロパワー機能集積システム技術、データマイニングや量子シミュレーションなどをベースとしたマテリアルインフォマティクス技術の四つの柱を軸に、知識科学の最先端融合技術も駆使して、グローバルな環境・エネルギー問題に挑戦し、持続可能な未来の共生社会実現に貢献します。

■ キーワード

グリーンテクノロジー、ナノ液体プロセス、再生可能ポリマー、熱電、太陽電池、第一原理シミュレーション、ナノ電子機械デバイス、マテリアルズ・インフォマティクス

■ 教育研究の方針

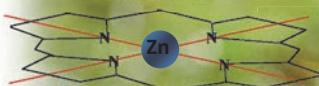
本領域は、全学から環境・エネルギーを対象とした研究を推進してきた教員が集結して作り上げた学際的先端領域です。本領域では、原子・分子レベルの基礎的レベルから、バイオプラスチック、エネルギー変換デバイス、ゼロパワー機能集積システムなどの物質集積レベル、さらに計算科学を駆使したマテリアルインフォマティクス技術開発に至るまで、持続可能社会構築に関連するあらゆる科学技術を広汎に取り扱い、総合的な融合教育研究を実施します。本領域の研究室に配属された学生は、各研究分野での学習・研究を基盤にした深い見識を得られるだけでなく、環境・エネルギー関連技術全般に関する多角的な視野を持ち、新しい分野での研究の広げ方やそれらを基にした社会貢献への意識を培うことで、最前線でサステナビリティに資する人材へと成長することが可能となります。

■ 就職実績

合同資源(株)、コバレントマテリアル(株)、SACRUM ALGAE (サクラムアルジェ)(株)、JSR (株)、新電元工業(株)、先端研究国際大学院大学(イタリア)、西日本旅客鉄道(株)、日油(株)、(株)ニフコ、日本農薬(株)、PPT Public Company Limited (タイ)、三谷産業(株)、三菱電機(株)、三菱マテリアル(株) 等

持続可能社会の実現

新しい多体手法で、従来手法が難
決する予見信頼性確立



原子層ナノ電子機械デバイスで
ゼロパワー環境センサーを実現

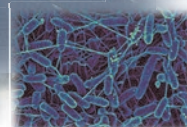


革新的エネルギー変換材料
『熱電鉱物』の利用による新
エネルギー革命

火力発電並の太陽光発電コスト7円/kWh 達成



高性能バイオプラ
スチックによる社会イン
フラの超・軽量化



持続可能社会の実現を目指す環境エネルギー領域の挑戦



新しいプロセス技術を駆使して シリコン系次世代太陽電池を開発しよう

研究を始めるのに必要な知識・能力

学部もしくは高専で習う固体物理、半導体の基礎知識がある方が望ましい。
地球環境問題、エネルギー問題への関心は研究を進める原動力となる。

この研究で身につく能力

各学生の研究テーマを遂行することで、真空装置の取扱いの他、薄膜形成およびその物性評価技術、デバイス作製・評価技術が身につきます。また、データの解析や日々のディスカッション、ゼミ活動などを通じて、特に半導体や太陽電池に関する基礎学力を習得できます。さらに、学生の自主性を重んじる研究室の方針から、いわゆる「指示待ち人間」にならない、問題解決能力の高い人間に成長できます。国内・国際学会での発表や、展示会でのブース展示などを通して、プレゼンテーション能力や、英語も含めたコミュニケーション能力も鍛えられます。

【就職先企業・職種】 大学研究教育職、企業研究職(電機、精密機器メーカー)など

研究内容

地球上に豊富に存在するシリコンを用いた太陽電池は、現在でも市場の大部分を占めており、また今後も、太陽光発電技術の主役であり続けることが期待されています。しかし一方で、さらなる低コスト化、高効率化が求められており、そのためにはより一層の技術的なブレークスルーが必要です。当研究室では、以下の新技術に着目し、シリコン系高性能太陽電池実現のための基盤技術の確立を目指します。

1. 瞬間熱処理による太陽電池用多結晶シリコン薄膜形成

キセノンランプにおけるミリ秒台の瞬間放電を利用したフラッシュランプアニール (FLA) は、数十 J/cm² という、瞬間的には地上における太陽光の数万倍の強度のパルス光を照射できます。当研究室では、この手法を、安価なガラス基板上への多結晶シリコン薄膜の形成に適用する検討を行っています。非晶質シリコン膜をガラス基板上に形成し、一度の FLA 光照射を行うだけで、膜厚 4 μm 以上の多結晶シリコン膜が形成できます。水素を含有した非晶質シリコン膜を前駆体を用いると、結晶化後も膜内に多量の水素原子が残留し、シリコンの未結合手が終端されるため、低欠陥の多結晶シリコン膜が形成でき、高効率薄膜太陽電池用材料としての利用が期待されます。この FLA による非晶質シリコン膜の結晶化の現象解明および制御と、形成される多結晶シリコン薄膜の太陽電池応用について研究を行っています。

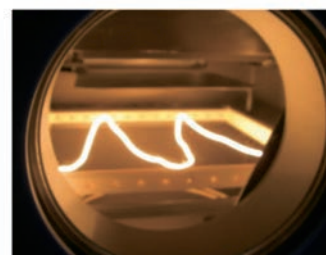
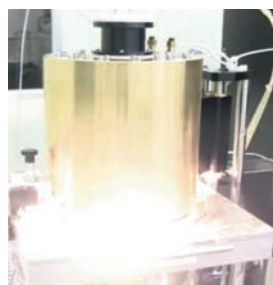
2. 触媒化学気相堆積 (Cat-CVD) の太陽電池応用

加熱触媒体線での接触分解反応により原料ガスを分解して薄膜を形成する Cat-CVD 法は、膜堆積時の基板材料への損傷を低減でき、結晶シリコン表面でのキャリアの再結合を大幅に抑制可能な高品質パッシベーション膜を形成できます。触媒分解により生成するラジカルを用いた Cat ドーピングとともに、高効率バルク結晶シリコン太陽電池への応用を目指しています。

3. 結晶シリコン太陽電池モジュールの耐久性

多数のモジュールが直列に接続される大規模太陽光発電所などで、モジュールのフレームとセルの間にかかる高電圧が原因で発電特性が低下する、いわゆる電圧誘起劣化 (PID) の問題が顕在化しています。当研究室では、セル作製からモジュール化、耐久性評価までを一貫して行うことで、PID の機構を解明し、抑止技術を開発する研究を行っています。特に、p 型結晶シリコン太陽電池よりも変換効率が

高いことで知られる n 型結晶シリコン太陽電池は、今後の普及拡大が予想されているものの、PID に関する十分な知見がまだ得られていません。そこで、各種 n 型結晶シリコン太陽電池の PID 現象の解明に取り組んでいます。



FLA 装置の発光の様子(左)と Cat-CVD 装置の触媒体(右)

主な研究業績

1. K. Ohdaira, Y. Komatsu, T. Suzuki, S. Yamaguchi, and A. Masuda: Influence of sodium on the potential-induced degradation for n-type crystalline silicon photovoltaic modules, Appl. Phys. Express 12, 064004 (2019).
2. K. Akiyama and K. Ohdaira, Fabrication of silicon heterojunction solar cells with a boron-doped a-Si:H layer formed by catalytic impurity doping, AIP Adv. 9, 115013 (2019).
3. K. Kurata and K. Ohdaira, Crystallization of electron-beam evaporated a-Si films on textured glass substrates by flash lamp annealing, Jpn. J. Appl. Phys. 58, SBBF10 (2019).

使用装置

フラッシュランプアニール装置
触媒化学気相堆積 (Cat-CVD) 装置
太陽電池特性評価装置
太陽電池モジュール作製および信頼性評価装置
各種薄膜物性評価装置

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/ohdaira/home>

研究活動は自主性を重んじる方針で、学生自身の発想が研究に活かせます。毎朝一度、研究室メンバー全員が集まるミーティングを行い、その日の各自の活動を報告します。ミーティングでは、簡単な研究の相談もでき、メンバー間のコミュニケーションも十分行えるシステムです。当番の学生が文献紹介を行う勉強会では、細部にわたる質問への回答が求められ、しっかりとした基礎学力が身につきます。学会などでの外部発表は、積極的に行います。また、博士前期課程期間中に、英語の論文を執筆し投稿できるよう指導します。



バイオ分子から環境に優しい 新機能高分子を作る化学系研究室です

研究を始めるのに必要な知識・能力

有機化学や高分子化学の分野の学生さんは研究を始めやすいと思いますが、今まで電気工学、機械工学、生物学の学生さんも立派に学位を取得してきた実績があり、どの分野の学生さんでも心配いりません。ただ、修学に対する強いモチベーションが必要です。

この研究で身につく能力

金子研究室には2つの研究の軸があります。一つ目は生体分子の化学重合による高性能バイオプラスチックの開発で、二つ目は天然物由来高分子の化学修飾・加工による新機能材料の開発です。どちらのテーマにおいても、各種分子構造がどんな物性を誘導するのかという構造物性相関について徹底的に教わることが出来ます。またテクニカルには構造解析に関する基礎的な分光学的技術(NMR、IR、UV-vis)、成型加工法、熱力学的物性の評価方法が身につきます。ただ、テーマにより少し異なり、一つ目のテーマの場合では化学合成法、重合方法など、二つ目のテーマでは抽出方法、ゲル作成方法なども習得できます。その他テーマにより、X線回折、CD、蛍光、クロマトグラフィー、顕微鏡観察法など、より特殊な技術を習得出来ます。

【就職先企業・職種】化学メーカー、自動車関連、材料全般、食品関連、化粧品関連など

研究内容

本研究室では多官能性バイオ分子をナノからマクロなレベルで階層的に構造制御することで、環境適応型材料を開発することを目指し、以下の研究を行っています。

1. イタコン酸の活用による海洋分解性プラスチックの開発

海洋プラスチックゴミ問題は地球レベルにおける問題へと深刻化しています。その根本解決となる生分解性プラスチックの中で海洋環境で分解するものはほとんどありません。そこで、金子研では使用時には耐久性の高いプラスチックとして問題なく使用できる一方、いったん海洋に出ると光と水の刺激により分解性へと変化するプラスチック開発を行っています。中でも、大量に生産されている生体分子の一つであるイタコン酸を用いたナイロン開発法を初めて見出しました。また、このナイロンが光と水による刺激応答により水溶化し崩壊することが分かりました(図1)。本研究は、2020年より環境省の大型プロジェクトであるERCA 環境研究総合推進費の支援を受けることになりました。このように、金子研では生体分子を用いて数々の新規環境適応型ポリマーを合成しています。

2. 複雑な分子の重合と新構造高分子の化学合成

ファイトモノマー(植物由来モノマー)には、石油化学では合成の難しい多官能性の複雑な構造の分子が多く含まれます。ノーベル賞学者のフローリーは多官能性分子から高分岐型高分子が形成される理論を示しています。高分岐鎖とは樹木のように多数の枝を持つ分子鎖構造であり、周りの環境変化を鋭敏に感知し材料に新機能を与える素晴らしい分子建築の概念です。天然分子の形から教わる新奇高分子ナノデザインは無限にあります。金子研ではこれらを実際に合成し高機能グリーン材料を開発する以下の内容のALCA(代表者)およびSIP(分担者)という国家プロジェクトを遂行しています。

ALCA) 4-アミノ桂皮酸の微生物生産とこれを用いて世界初のバイオポリイミド(図2)を合成する研究

SIP) 3-アミノ-4-ヒドロキシ安息香酸の微生物生産と史上最高性能の耐熱性であるバイオポリベンズイミダゾールの合成を行う研究

3. 微生物生産型高分子の機能化と高性能化

バイオ高分子の最も効率の良い生産方法は、微生物に直接高分子を作らせることです。金子研では大気中の二酸化炭素を固定し、酸素を放出する光合成微生物の一種であるラン藻からバイオ高分子を取り出し環境低負荷型材料を開発することを目標としています。その中で、日本固有のバイオマスであるスイゼンジノリが作る「サクラン」を発見し、その抽出と材料化を進めてきた結果、超保水剤(図3)として実用化に至りました。現在、分子構造解析などの最先端研究を展開しています。



図1 水中で光照射により徐々に崩壊するナイロン樹脂

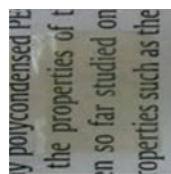


図2 世界初のバイオポリイミド

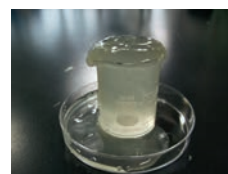


図3 ラン藻由来高分子「サクラン」の超保水性

主な研究業績

1. J. Phanhuwongpakdee, S. Babel, S. Dwivedi, K. Takada, T. Hirayama, T. Kaneko, Anion-scavenging Biopolyamides from Quaternized 4-Aminocinnamic Acid Photodimer, ACS Sustain. Chem. Eng. in press (2020).
2. A. Nag, M. A. Ali, A. Singh, R. Vedarajan, N. Matsumi, T. Kaneko, N-boronated polybenzimidazole for composite electrolyte design of highly ion conductive pseudo solid-state ion gel electrolytes with high Li-transference number, J. Mater. Chem. A, 7, 4459-4468 (2019).
3. S. Sornkamnerd, M.K. Okajima, K. Matsumura, T. Kaneko, Micro-patterned cell orientation of cyanobacterial liquid-crystalline hydrogels, ACS Appl. Mater. Interfaces, 10(51), 44834-44843 (2018).

使用装置

各種 NMR (1H、13C、多核相関法、固体法など)
高分解能赤外分光装置、紫外可視分光、円二色性分光
SEC-MALLS、HPLC、PDA、LC-MS、GPC
GC-MS、熱分解 GC、紫外線 LED アレイ、SEM、TEM
DSC、TMA、TG-DTA、レオメータ、引っ張り試験機

研究室の指導方針

【研究室HP】URL : <http://www.jaist.ac.jp/~kaneko>

社会で即戦力として活躍できるよう国際展開力を持つ人材になるための基本的マナー、考え方、物事の進め方を指導することから始めます。また週一回、個別議論の場を作り、定期的に研究成果をまとめて発表する機会も与えます。また、情報習得能力を培うために雑誌会における発表も重視しています。最近では、多くの企業が英語を使う能力では無く「度胸」を持つ学生を欲しています。金子研ではその度胸を身につけられるよう留学生と気楽に接する機会を多く作ります。これにより本当の会話が自然と身につきます。皆で楽しく成長していきましょう。



エネルギー変換の最先端 —未利用廃熱の高効率回収—

研究を始めるのに必要な知識・能力

物理の実験系の研究室ですが、出身分野にはこだわりません。今までにも物理系、電子・電気系、機械系、化学系の学生が本研究室に来て活躍しています。JAISTに入学してから、応用物性数学、量子力学、固体物理学など自然科学系の講義を受講してもらうことをお願いしています。

この研究で身につく能力

物理系のみならず多様な分野から来た学生が、総合的な科学技術としての熱電変換の研究を行うことにより、修了後に企業や研究機関で社会に貢献することを目指しています。私たちの研究室で身につけられる能力は、具体的には以下のとおりです。

- (1) 実際に手を動かしてものを作る面白さを知ること。
- (2) 先端的な実験機器を用いた物理研究と実験手法の習得。
- (3) 物理的または科学的な考え方の習得、ものごとを定量的に捉える力の獲得。
- (4) プレゼンテーション能力、科学的な論文(主として日本語)の作成の方法。

【就職先企業・職種】 製造業ほか

研究内容

ゼーベック効果やペルチェ効果などを利用した『熱電変換技術』を使うと、熱エネルギーと電気エネルギーの相互変換が出来るため、廃熱から直接発電を行う『熱発電』が可能となります。私たちの研究室では、【はかる】【つくる】【さがす】という3本の柱で熱電変換に関する研究を行っています。

【はかる】微小スケールの熱電性能の測定

「はかる」とは熱電材料の特性をはかるための評価手法の開発という意味です。近年、微細な構造を持った新規熱電素子が開発されていますが、システム自体が小さく測定が難しいため、新しい評価手法の開発が望まれています。

私たちの研究室では、3 ω 法(スリーオメガ法)と呼ばれる熱伝導率測定法を改良して、Bi-Te系熱電ナノ粒子凝集体の熱伝導率を測定することに成功しました。さらにこの3 ω 法を改良することにより、遷移金属トリカルコゲナイドナノワイヤーの熱伝導率測定にもチャレンジしています。またポイントコンタクト型局所熱電性能測定法も開発しており、将来的にはグラフェンやポストグラフェンなど先端材料のフォノン物性を解明することを目指しています。

【つくる】インクジェット技術を用いた新規熱電モジュールの開発

実際に熱発電を行うためには、Bi-Te系熱電素子を多数配列させた熱電モジュールを作製しなければなりません。われわれは、LCD用カラーフィルター製造に利用されているインクジェット技術を熱電モジュール作製に応用するという、新たな製造プロセスの開発を行いました。

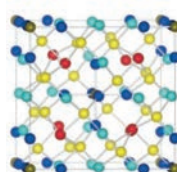
インクジェット印刷を用いることにより、従来作製が難しかった微小サイズモジュールや、ポリイミドをはじめとするフレキシブルな基板を用いたモジュールの試作に成功しました。今後は、焼成後の素子の密度と粒子配向性の向上といった課題を解決し、既存の分野およびエネルギーハーベスティングなど新しい分野への応用展開を図ることを予定しています。

【さがす】新しい熱電変換材料の創製

現在実用化されている熱電材料(Bi-Te系材料)は、構成元素のTeが希少・高価であるという問題を抱えています。この問題を解決するため、私たちはTeの代替元素として硫黄(S)を用いた化合物、すなわち新しい硫化物熱電材料の開発を行っています。

最近、私たちはテトラヘドライトと呼ばれる熱電鉱物 $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ が、実用化されている材料と比べても遜色ない性能を示すことを発見しました。この材料は母体のままでも良好な熱電性能を示しますが、さらに、CuサイトをNiで置換することにより熱電性能を約1.4倍向上させることに成功しました。

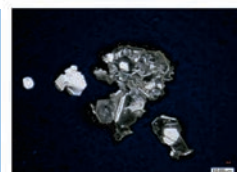
これ以外にも、多様な硫化物の低次元伝導体や、熱電材料と磁性体のハイブリッド材料の合成・開発を行い、その基礎物性や熱電性能を調査しています。



テトラヘドライト



硫化物熱電材料



ポストグラフェン材料

主な研究業績

1. Development of thermal conductivity measurement system using the 3 ω method and application to thermoelectric particles, S. Nishino, K. Suekuni, K. Ohdaira, and M. Koyano, Journal of Electronic Materials (2014), DOI: 10.1007/s11664-014-2993-9.
2. High-performance thermoelectric mineral $\text{Cu}_{12-x}\text{Ni}_x\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ tetrahedrite, K. Suekuni, K. Tsuruta, M. Kunii, H. Nishiate, E. Nishibori, S. Maki, M. Ohta, A. Yamamoto, and M. Koyano, Journal of Applied Physics 113, 043712 (2013)
3. 廃熱も電気に変える熱発電, 小矢野幹夫, Ohm Bulletin, 2014年 VOL.49 冬号(通巻200号)pp. 02.
http://www.ohmsha.co.jp/bulletin/pdf/200_ohmbulletin.pdf

使用装置

物理特性測定装置 PPMS(熱電性能、電気伝導の測定)
ラマン散乱分光装置(固体中の素励起のエネルギー分析)
管状電気炉・マッフル炉(無機材料の合成)
ホットプレス装置(粉体試料の加圧焼結・配向制御)

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/kotai/koyano/index.html>

『多様な物性に多様な価値観で挑む』をモットーに、今まで誰も知らなかった新しい現象を発見したり、新規材料を創製することを目指しています。

小矢野研は『エネルギーに興味がある人』『無機材料を自分で作ってみたい人』『科学や物理が好きの人』を歓迎します！



JAISTのスパコンを使って世界最大級・最先端シミュレーション研究に挑戦

研究を始めるのに必要な知識・能力

理工系学部低学年の共通教育程度の数学、文献調査に最低限必要な英語、物質科学基礎分野の面白さに馴染める順応性、国際性の高い分野で通用する社交性、専門分野に拘泥しない高い知的好奇心。

この研究で身につく能力

客観性を第一に基礎方程式から数値計算を行う「第一原理」と呼ばれるアプローチによる研究分野です。「積極的な近似方針に基づくモデル化アプローチ」とは異なり、得られた純粋なデータを前に、如何に考察を展開するかについては、とりわけ労力が要求されます。周到的な先行研究調査と、これに基づく問題点の洗い出し／位置づけがなされない限り、考察事項を設定することも出来ず、研究をまとめ上げることが出来ません。これら一連は、企業などで指導的立場に立ってプロジェクトを主導する人材に必ず必要となる素養です。学位授与を伴う研究とは、高度に細分化された技術事項を習得する事ではなく、「きちんとした論拠に基づいて考える経験」を積む事であると考えて研究指導を行っています。

【就職先企業・職種】 重工や電力の情報通信部門、素材産業の大手企業、海外国立研究所の常勤研究員、海外研究機関の博士研究員など

研究内容

「マテリアル・インフォマティクスの科学」

大量高速のデータ処理を可能とした情報科学は、物質科学分野の研究をも質的に変革させています。高々100種にも満たない地球上の原子の組合せを計算機上で仮想実現し、量子力学シミュレーションを網羅的に実行して、我々にとって機能性の高い未知の物質をデザインするという研究分野が、各国主導で本格化しています。量子力学的な世界は、我々の古典的直観からかけ離れた領域です。「計算してみないとわからない」シミュレーションが本質的な役割を担います。材料、バイオ、製薬といった産業界からも大きな関心がもたれています。

「多体電子論の未解決課題に対する解明」

グループが専門とする第一原理拡散モンテカルロ法は、磁性や超伝導など特異物性の起源に関わる量子多体問題上の未解決問題群に対し「決定版的切札」とされている強力手法です。これまで、フント則の起源、電子相関によるバンド幅変化、磁気モーメントの発生源、カシミア・ポルダール力、励起子モット転移といった話題に業績を挙げています。



写真1. JAISTは4台ものスパコンを保有するスパコン研究拠点です。

「シミュレーション科学の人材育成」

次世代スパコン「京」などで知られるようにシミュレーション科学が益々重要性を増しています。最先端の高速計算に強く依存す

るシミュレーション科学では、物理学／化学などの基礎科学のみならず、大型計算機に関する深い素養なくしてはトップレベルの理論研究は遂行出来なくなってきています。JAISTが誇る我が国トップレベルの高速計算機群に慣れ親しみ、計算機科学に関する優れた系統的コースワークを経験した新しいタイプの「シミュレーション科学者」養成を目指しています。

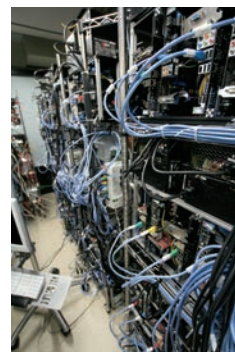


写真2. パーツから自作した廉価な自作並列計算機も運用し、超並列計算を肌で感じられる教育環境を整えています。

主な研究業績

1. 「自作 PC クラスタ超入門ーゼロからはじめる並列計算環境の構築と運用 (森北出版)」(単著単行本)
2. 「密度汎関数理論の発展とマテリアルデザインへの応用 (シュプリンガー) / §1.2.3『量子モンテカルロ法』」
3. 原著論文については、研究室 HP のメンバー項目ページを参照。
JACS(IF=13.858)/Angewandte(11.709)/Phys.Rev.Lett.(7.435)/JCTC(5.39)/Sci.Rep.(5.228)/Inorg.Chem.(4.857)/Phys.Rev.B(3.767)/J.Chem.Phys.(3.164)/J.Comput.Chem.(3.84)/Appl.Phys.Lett.(3.794) などに出版されています。

使用装置

JAIST 所有のスパコン群
京スパコンなど共用スパコン
研究室所有の自作クラスタ型スパコン
研究室所有の自作ファイルサーバ群
マッキントッシュのパソコン群

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/is/labs/maezono-lab/>

指導的社会人として学位所持者にふさわしい活躍ができる素養の習得を重視します。単に思いつきや発想だけで行動するのではなく、実現可能性や持続可能性を勘案して物事を策定する事、一つの考えだけを推し進めるのではなく、多数のオプションを比較勘案して批判的科学的に方策選択できる能力、日頃の生活管理も含めて、並走するプロジェクトを管理できる能力、それを裏付ける文書管理能力、ダイジェスト能力、表現語彙力などには日頃から厳しく指導を行っています。これら能力の向上に前向きな学生を歓迎します。



原子スケールナノテクノロジーで、革新的エネルギー・環境デバイスを開拓！

研究を始めるのに必要な知識・能力

水田研究室では物性物理、電気・電子工学、機械工学、化学の融合領域研究を行っていますので、これらのどれか1つ(あるいは複数)の基礎を修得していることが必要です。さらに、その専門を広げて行く好奇心旺盛な人が適しています。

この研究で身につく能力

水田研究室では、グラフェンをはじめとする新奇な原子層材料と、1ナノメートル精度の超微細加工技術を駆使して、超高感度環境センサーデバイス、超低消費電力スイッチ、量子情報処理デバイス、などを開発しています。これらの研究を通して、①電子線直接描画や最先端ヘリウムイオンビーム技術による極微デバイス作製技術、②環境制御型・高周波プローブステーションや希釈冷凍機などをを用いた素子の極限電気特性測定、③第一原理計算からデバイス・回路シミュレーションに至る設計・解析技術、などを幅広く修得することができます。また、英国サザンプトン大学など海外研究機関と緊密に連携し、学生・スタッフが頻りに交流しているため、研究を進める中で自然に国際的コミュニケーションスキルとリーダーシップ能力を身につけていくことが可能です。

【就職先企業・職種】 ICT企業、製造業

研究内容

水田研究室では、グラフェンや極薄シリコン膜をはじめとする新奇な原子層材料と、原子スケール精度の超微細加工技術を駆使して、超高感度環境センサー、超低消費電力NEMSスイッチ、量子情報処理デバイス、熱フォノンエンジニアリング素子などを開発し、グローバルなエネルギー・環境問題に貢献することを目指しています。

具体的には、以下の4つの研究テーマを中心に、研究を推進しています。

①ハイブリッドNEMS (ナノ・エレクトロ・メカニカル・システム)機能デバイスの研究

MOSFETや単電子トランジスタと、NEMSを融合することにより、従来のデバイスでは実現が難しい素子動作や特性を有する機能デバイス(超低消費電力スイッチングトランジスタ、超高感度環境センサーなど)を開発します。またナノ構造における熱フォノン・エンジニアリングのデバイス応用可能性を探索します。

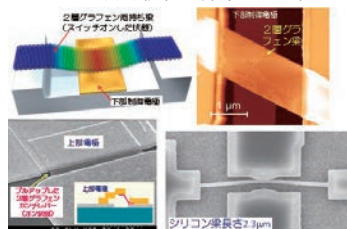


図1. 両持ち梁型(左上、右上)およびカンチレバー型(左下)グラフェンNEMSスイッチとシリコンNEMSスイッチ(右下)

②モノレイヤー・ナノ集積機能システムの研究

炭素原子一層のグラフェンや、厚さ<10nmの極薄SOI (silicon-on-insulator)などアトムスケール材料を用いて、微細トランジスタやNEMS素子を作製し、その極限的な素子特性の解明と、単分子センサーやエネルギー可逆スイッチなど機能集積システム応用を推進しています。

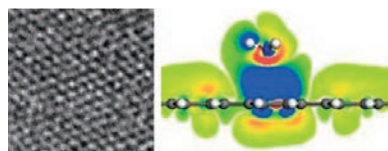


図2. グラフェンの高解像度TEM写真(左)と分子吸着時の電荷分布(右)

③単一電子・スピンによる量子情報デバイスの研究

スピンドコヒーレンス時間が長いシリコン超薄膜やグラフェン上に、多重量子ドット、ナノ磁石、電子スピン共鳴素子、および単一スピン読

み出し素子を集積化し、単一スピンを量子ビットとする量子情報処理システムを構築します。

④シングルドーパント原子デバイスの研究

シリコン超微細構造中に埋め込んだ単一・複数ドーパント原子を介したキャリアトunnelingを制御して動作する新原理デバイスを探索しています。

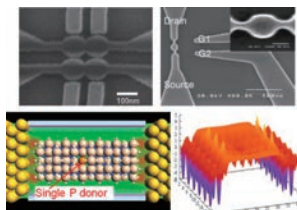


図3. 多重量子ドット(左上)、単電子素子(右上)、単一ドナー原子素子(左下)と第一原理計算ポテンシャル分布(右下)

主な研究業績

1. M. Muruganathan, J. Sun, T. Imanura and H. Mizuta, 'Electrically-tunable van der Waals interaction in graphene-molecule complex', Nano Letters 15,8176-8180 (2015)
2. J. Sun, M. Muruganathan, and H. Mizuta, 'Room temperature detection of individual molecular physisorption using suspended bilayer graphene', Science Advances vol.2, no.4, e1501518 (2016) DOI:10.1126/sciadv.1501518
3. T. Iwasaki, M. Muruganathan, M. E. Schmidt and H. Mizuta, 'Partial hydrogenation induced interaction in a graphene-SiO2 interface: Irreversible modulation of device characteristics', Nanoscale 9, 1662-1669 (2017); doi:10.1039/C6NR08117G

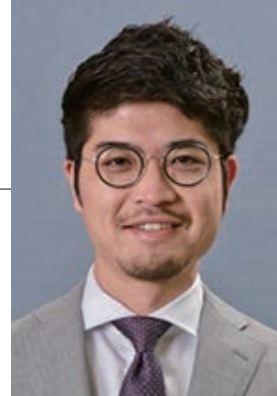
使用装置

電子線リソグラフィ
電界電離ガスイオン源(GFIS)微細加工装置とヘリウムイオン顕微鏡(産業技術総合研究所)
環境制御型高周波プローバー
原子分解能走査透過型電子顕微鏡
第一原理・量子輸送シミュレータ

研究室の指導方針

最先端のナノテクノロジーを駆使して、現在のCMOS技術を越える'More than Moore' & 'Beyond CMOS'世代のエマージングテクノロジー開拓を目指しています。「まだ世界で誰も実現したことのない機能のデバイスをこの手で初めて開発してみたい!」という意欲のあるあなた、ぜひ一緒に研究しましょう。また、英国サザンプトン大学をはじめとして、海外研究機関に滞在しての研究活動も積極的に推進していますので、国際的に活躍したい方も大歓迎です。

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/mizuta-lab/>



組織化する高分子の世界に挑戦! ー自然環境と生体物質の歴史に学ぶー

研究を始めるのに必要な知識・能力

高分子科学、物理化学、材料科学、光化学、ソフトマターの基礎知識や経験を持っていると望ましいでしょう。そして何より、チャレンジングスピリットを強く持っている人、好奇心の強い人、思考の持久力を高めたい人と研究を始めたいと考えています。

この研究で身につく能力

論理説明能力・解釈能力、科学的な仮説検証・立案力、高精度なディスカッション能力、発表能力、英語コミュニケーション力
学問分野：高分子科学、光化学、コロイド科学、界面化学、幾何学、非線形科学など

【就職先企業・職種】化学メーカー、医療機器メーカー、自動車関連、材料全般、食品関連、化粧品関連など

研究内容

自然界を見渡すと、目に見えるレベルで綺麗なパターンがたくさんあります。たとえば生体組織は小さな分子から「自己組織化」によって創り上げられています。これは、物質そのものにだけ由来している訳ではなく、外的な環境が強く作用した結果です。変化する環境に適応できるように生命が進化した結果、多様な空間パターンやリズムが生まれています。

一方、人工的に合成された分子から物理環境を制御してパターンを創り出す研究は歴史的に長くなされています。しかし、合成分子のままでは医療や工業的に材料化する上で困難を極め、生体組織の理解や自然との共生には幾つものハードルがあります。これに対して我々は直近の研究で、天然分子の多糖が自らパターンを再構築する現象を発見しました。ここで、「なぜ」「どのように」パターンをつくるのかを解明できれば、生体適合性と環境適応性を合わせ持つ材料設計技術を手に入れることができます。

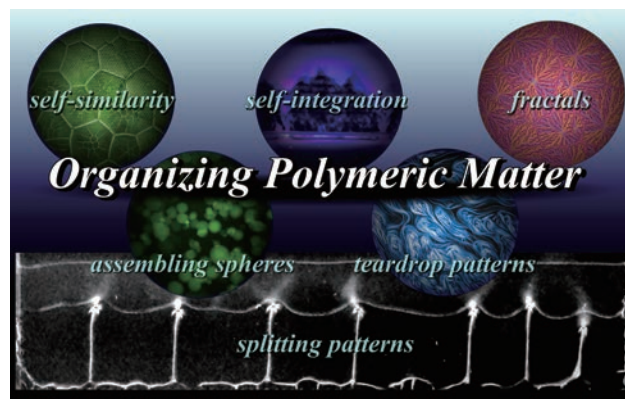
1. DRY で WET な天然多糖の自己組織化

天然から抽出された多糖は、どのように cm スケールの幾何学パターンを生み出すのか、特に、乾燥環境下で多糖が見せる「空間認識」の法則性を検証しています。DRY で WET な非平衡環境下、ミクロにもマクロにも高分子が組織化して析出していきます。実際の生体組織が常に乾燥環境におかれながらも WET な体を維持していることを振り返ってみれば、水中から陸上進出した生体高分子の進化を紐解く鍵があるはずです。

2. ソフトマテリアルのパターン制御

生体高分子、合成高分子に関わらず多くのソフトマテリアルは、界面の応力制御によって形態の制御が可能です。ほんの小さな環境の違いや僅かな力学的エネルギー負荷によって、多様な構造や形態を見せます(自己集積、自己相似、フラクタルなど：図参照)。これを利用して DRY で WET な環境に適応した医療用材料の設計法を見出したいと考えています。

これら「自然美の追求」を基に現象の法則性を導くことが究極目標です。そして、生物がなぜパターンを創るようになったのか？自然科学の大命題に挑戦しています。



主な研究業績

1. Emergence of polysaccharide membrane walls through macro-space partitioning via interfacial instability. Okeyoshi K, Okajima K M, Kaneko T, Scientific Reports 7, 5615 (2017).
2. Effect of microtubules polymerization on photoinduced hydrogen generation. Okeyoshi K, Kawamura R, Yoshida R, Osada Y, Chemical Communications 51, 11607 (2015).
3. Oxygen-generating gel systems induced by visible light. Okeyoshi K, Yoshida R, Advanced Functional Materials 20, 708 (2010).

使用装置

各種光学顕微鏡、偏光光学装置、分光光学装置、画像解析装置、蛍光光学装置、電子顕微鏡

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <https://sites.google.com/okeyoshi-acgroup.com/web>

社会で働くトレーニング期間として、個人個人の能力を最大限に発揮できるようにサポートします。我々のグループは研究・文化の両面で多様な環境に在り、多角的な視野を構築する上で日本でも稀に見る貴重なチャンスです。突出した先端研究をみなさんと進めたいと考えています。そのためには以下1-3の基礎を実践していきます。1. 実験とディスカッションを通して論理的思考力と先見性の能力を養う。2. 仮説と検証の繰り返しから大目標にアプローチする。3. 学会発表、学術論文発表を念頭に科学的言語を使う。これらの積み重ねを自信にしてみな創造力を高めていきたいと考えています。熱いハートのみなさん、ぜひ21世紀のパイオニアを目指して一緒にチャレンジしましょう！



スパコンを活用した計算科学と情報学の融合による革新的物質設計

研究を始めるのに必要な知識・能力

研究遂行上の必須条件は唯一つ、コンピュータに「アレルギーがない」ことです。研究分野の基礎知識は、大学程度の数学、物理学、化学ですが、必須ではなく、あればベターといったところです。

この研究で身につく能力

本研究は、マテリアルズ・インフォマティクスという、物質科学と情報学(インフォマティクス)の融合を目指す、生まれたばかりの学問分野です。まだまだ発展途上で、手探りの状態ではありますが、逆に言えば、大きく成長する可能性を秘めています。本研究では、国内外の様々な研究者との協同を通じて、新たな問題を発見し、既存知識体系に拘泥することのない幅広い視野で、問題解決に取り組みます。研究活動を通じて、問題発見・解決能力、プロジェクト管理能力、コミュニケーション能力といった指導的立場の人材に要求される基本的素養を身につけることができます。また研究活動を通じて、ブライントッチのスキルが格段に向上し、研究の効率化、ひいては新たな時間の創出に繋がります。この時間が新たな知識・スキル獲得に繋がります！

【就職先企業・職種】2017年10月1日付け新設研究室のため該当なし

研究内容

「マテリアルズ・インフォマティクス研究」と「物質科学シミュレーション研究」に関して、競争的資金の獲得実績を多数経て研究基盤を確立しています。現在、複数の競争的資金を獲得して当該研究を進展させるとともに、企業との共同研究を行い、産学連携にも積極的に取り組んでいます。

【マテリアルズ・インフォマティクス研究】

本研究プロジェクトは、JST さきがけ(H28-31年度)、JST イノベーションハブ構築支援事業(H27-30年度)、科研費基盤 B(H27-30年度)の支援を受け研究基盤を確立しました。現在、科研費基盤 C(R1-5年度)等の支援を受け、国内外の共同研究者とともに MI 研究を展開しています。

ベイズ統計とビッグデータを活用した「ベイズ物質探索法(業績1)」は、天文学的規模の物質群の中から目標となる物質を効率的に探索する新しい方法論で、当該手法を用いた新奇物質の探索に取り組んでいます。現在、特に有機化合物系やポリマー系などの革新的機能材料を求め、ベイズ構造探索を展開し、また無機化合物系への展開を進めています。

【物質科学シミュレーション研究】

本研究プロジェクトは、科研費新学術研究「複合アニオン化合物の創製と新機能」(H28-R2年度)、及び、科研費新学術研究「ハイエントロピー合金」(R1-2年度)の2つ研究課題を中心に研究を進めています。

日本有数のスパコン設備を有する本学の強みを活かし、大規模な物質科学のシミュレーションを行っています。複合アニオン(業績2)やハイエントロピー合金と呼ばれる全く新しい物質群を対象として、その合成可能性や物性を第一原理計算(量子力学に基づく電子状態シミュレーション)により明らかにします。また、生体分子や分子結晶等の分子間力に支配される物質系(業績3)の第一原理計算に取り組んでいます。

上記以外にも、産業応用上重要な半導体電極形成や不均一触媒反応の第一原理計算研究、分子動力学計算による生体分子系の構造ダイナミクス研究などで、国内外研究者と共同研究をしています。

主な研究業績

1. H. Ikebata, K. Hongo, T. Isomura, R. Maezono, R. Yoshida, 'Bayesian molecular design with a chemical language model', Journal of Computer-Aided Molecular Design 31, 379-391, (2017).
2. D. Kato, K. Hongo, R. Maezono, M. Higashi, H. Kunioku, M. Yabuuchi, H. Suzuki, H. Okajima, C. Zhong, K. Nakano, R. Abe, H. Kageyama, Valence Band Engineering of Layered Bismuth Oxohalides toward Stable Visible-Light Water Splitting: Madelung Site Potential Analysis', Journal of the American Chemical Society 139, 18725-18731 (2017).
3. K. Hongo, R. Maezono, 'A Computational Scheme to Evaluate Hamaker Constants of Molecules with Practical Size and Anisotropy', Journal of Chemical Theory and Computation 13, 5217-5230 (2017).

使用装置

JAIST 並列計算機群 (Cray XC40/SGI UV3000/Fujitsu CX250)
京コンピュータ

研究室の指導方針

【研究室HP】URL : <https://www.jaist.ac.jp/is/labs/hongo-lab/>

期限内での学位取得を目標に据え、学位論文執筆と学位審査発表を着実にこなせるような、知力・体力・コミュニケーション力を養うために、段階的、系統的、戦略的に、日々の研究指導を積み重ねていきます。特に、既存研究プロジェクトに参加してもらうことで、最先端の研究の面白さを体験し、そこを入口として次第に、自身の研究の位置づけを理解し、研究に対する責任感を養い、研究のモチベーションを維持できるように努めていきます。最後に、研究分野に関してですが、マテリアルズ・インフォマティクス研究は、物質科学とインフォマティクスの融合研究という性格上、「新しい概念の導入」に目を向けがちです。しかしその一方で、「巨人の肩の上に乗り」とよく言われるように、物質科学研究では膨大な知の蓄積があり、既存概念を知悉した上での概念導入でなければ、真の成功・発展・展開は望めないと考えています。

講師：チャミングワン パッチャニー (CHAMMINGKWAN Patchanee)
E-mail : chamming@jaist.ac.jp

【研究分野】 Catalysis, Polymer chemistry

【キーワード】 Polyolefin, Heterogeneous catalyst, Structure-performance, Model catalyst, High-throughput



Catalyst to Polymer: Synergistic Materials Design

研究を始めるのに必要な知識・能力

We are looking for students who have chemistry-oriented skills. Basic knowledge in polymer chemistry and catalysis is preferred, but not imperative.

この研究で身につく能力

You will gain knowledge in catalysis and polymer chemistry from both of the academic and industrial perspectives. You will be guided to develop your own protocol (or research direction) that is an essential stage in pursuing your own interest in the future.

【就職先企業・職種】 Chemical industry

研究内容

Plastics play a major role in enriching the quality of life. Nonetheless, detriments caused by the leakage to the environment can no longer be ignored. Especially polyolefin, their abundance requires urgent actions towards new plastic economy. Though polyolefin has high life-cycle eco-efficiency, e.g., low energy consumption in production process, recyclability for second-life use, etc., more than half of the consumption are disposed to landfill, especially packaging with inseparable layers of multiple materials. Likewise, the development of highly functional polyolefin materials with desired properties becomes essential to meet the requirement by a single-type plastic as well as in today's advanced applications. Our lab aims to develop methodology and knowledge to access a new class of polyolefin with tailored properties by synergistic catalyst and polymer design.

Unveiling Catalyst-Polymer Relationship

Advance in heterogeneous catalyst is a result of uncovered structure-performance relationship that brings understanding toward the rational design of more selective materials. In a long history of polyolefin, direct correlations such as the relationship between the catalyst structure and its performance have been extensively studied. However, a little knowledge has been established for answering the most important question, "How to design a catalyst for producing polymer with desired properties". In our lab, we develop a methodology based on: i) model catalysts having well-defined structural features, and ii) practical catalysts with the aids high-throughput experimentations and data mining approaches, to unveil the structure-performance relationship (SPR) as a first step for rational catalyst design.

Contribution to Society

Innovation in materials science has a great potential in improving our daily life and its sustainability, while such innovation will be

impactful to the society only when commercialization is realized. In our lab, we work closely with an industry to develop polymer with enhanced properties by synergistic materials design from nano- to microscale.

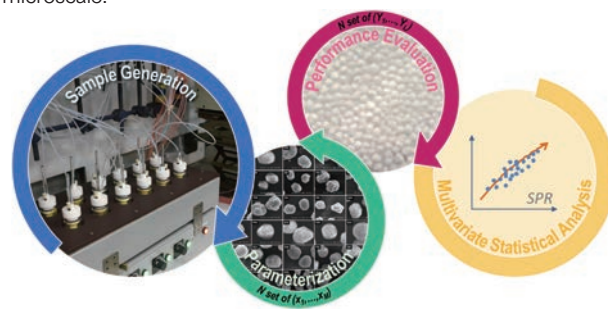


Fig. 1 Methodology in establishing SPR

主な研究業績

1. P. Chamminkwan, Y. Bando, M. Terano, T. Taniike, Nano-dispersed Ziegler-Natta catalysts for 1 μ m-sized ultra-high molecular weight polyethylene particles, *Front. Chem.*, 6, Article 524 (2018).
2. A. Matta, P. Chamminkwan, B. K. Singh, M. Terano, T. Kaneko, T. Taniike, Truxillic and truxinic acid-based, bio-derived diesters as potent internal donor in Ziegler-Natta catalyst for propylene polymerization, *Appl. Catal. A: Gen.*, 554, 80 (2018).
3. P. Chamminkwan, M. Terano, T. Taniike, High-throughput synthesis of support materials for olefin polymerization catalyst, *ACS Comb. Sci.*, 19, 331 (2017).

使用装置

Parallel stirred reactor system, spray drying machine, light-scattering spectroscopy, Raman spectroscopy, X-ray fluorescence spectrometer, several high pressure polymerization units

研究室の指導方針

Students will be supported individually at an early stage of research works. After becoming familiar, students are required to pay attention to maximize work efficiency during the core-time to establish their own work-life balance. Regular meeting is held every 2-3 weeks to report the research progress. Presentations in domestic and international conferences are encouraged.



環境調和型社会を切り拓く 液体シリコン科学

研究を始めるのに必要な知識・能力

新たな研究領域を切り拓くために、多様な人材を求めています。従って出身学部や専門は問いません。ただし研究室で学ぶ参考書の理解のために、高校レベルの数学と英語力、及び論理的思考力が必要となります。

この研究で身につく能力

社会に出て優れた研究者、技術者として活躍するための基礎能力を身につけます。

- (1) 自らの創意によって必要な知識を獲得する能力
- (2) 自らの研究成果を正しく伝えるための表現力、プレゼンテーション能力
- (3) 国際交流に必要な語学力、コミュニケーション力

専門知識としては、「分子間力・表面力・界面科学」「高分子科学やコロイド科学」「有機ケイ素科学」「固体物理や半導体工学」、「プリントドエレクトロニクス」といった分野になります。薄膜の解析手法やその知識、液体→固体変化の解析を通じた物質変換の研究手法、また高度な分析装置やシミュレータを用いることによって解析に対する理解が得られます。

【就職先企業・職種】 化学、半導体、繊維、印刷、総合電気メーカーなど

研究内容

例えば100年後の社会にも残っている元素資源は何か？シリコン(Si)は酸素に次ぎ地殻中に2番目に多い元素資源であるだけでなく、エレクトロニクス産業の主役として人類社会を支えています。この産業は「固体 Si (ウェハ)」の獲得、「気体 Si (シラン)」の活用、と歩を進めてきた過去100年の歴史を持ちます。従って将来、「液体 Si」と呼ばれる新材料が必要になると考える事もおかしくありません。そこで後世に必要な新たな学術領域として「液体 Si 科学」を創出する必然性が生まれます。

1. 液体 Si 科学

私たちは世界に先んじて「液体 Si」材料を創出しました。液状の Si 物質を扱う「液体 Si 科学」は、Si 科学の対象を「硬い Si」から「柔らかい Si」へと転換させ、既存の研究を質的に変化させます。例えば研究室では、インクジェット法のような印刷によって Si 半導体素子を扱う「プリントド『シリコン』エレクトロニクス」という新しい領域を立ち上げました。それだけでなくアルミ(Al)やゲルマニウム(Ge)等、今まで金属として扱っていた材料を次々に液体化し、プリントドの世界を切り拓いています。

2. 液体プロセスと分子間力

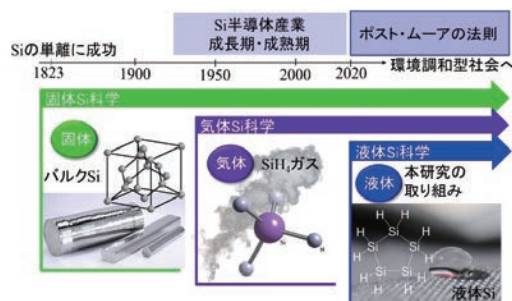
液体を扱う上で、物理現象を支配する因子を知ることは大切です。「液体 Si」が持つ大きな van der Waals (vdW) エネルギーは、時にエネルギーバランスを支配します。研究室では「プリントドエレクトロニクス」を研究の範疇としますが、領域を支える科学として vdW エネルギーを中心とする電荷移動を考慮した分子間力の研究をしています。物質の電子状態といった量子力学的物理量と、塗れ性のような古典力学的物理量の関係を分子間力の視点から解き明かし、自然科学の繋がりを追っています。

3. 水素化金属液体

液体 Si の正体は液体の水素化 Si です。私たちは他にも「液体 SiC」「液体 SiO₂」「液体 CoSi」「液体 Al」といった液体材料の創出にも

挑んでいます。私たちが最終的に目指すのは、その先にある「水素化金属液体」という材料科学の潮流を生み出すことです。産業上重要となる多くの金属材料の液体化技術を確認し、未だ実現できていない「液体 Fe」のような未踏の材料創出に立ち向かう、その最初の一步に取り組んでいます。

環境に優しい社会を実現するためには、機能の追及を第一としてきた従来の科学の発展モデルから、環境調和性のある発展モデルへの質的な転換が必要です。赤・緑・青の三原色が揃う事で発光ダイオードが発展したように、材料科学においても固体・気体・液体の三態を揃えることでその科学技術は大きく進展すると考えます。



Si 半導体の歴史と研究の位置付けを表す図

主な研究業績

1. van der Waals エネルギーと液体 Si の研究 T. Masuda, et al., Silicon deposition in nanopores using a liquid precursor, Scientific Reports, 6, 37689 (2016).
2. 液体 Si のナノ加工に関する研究 T. Masuda, et al., Direct imprinting of liquid silicon, ACS Appl. Mater. Interface 8, 9969 (2016).
3. 液体 Si の印刷による太陽電池の研究 Fabrication of solution-processed hydrogenated amorphous silicon single-junction solar cell. Appl. Phys. Lett. 100, 253908 (2012).

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist-masuda.com/>

AI や IoT が発展する将来においてもなお優位性を保てるスキルや知識は何か、それを意識して下さい。研究室では単に1つの研究分野を追求するだけでなく、得た知識の広利用法を考え、多様な分野の科学的知識に結合させる訓練をします。そのためには多くの社会や人と出会う事が大切です。最先端のエレクトロニクス関連企業や魅力的な地元企業との共同研究に活発に参加してもらいます。そして研究の中で社会に貢献する経験、自然科学の美しさに触れる経験を得、自らの創意によって必要な知を獲得する能力を磨いてもらいます。



Pioneering innovative energy and environmental devices with Atomic-scale Nanotechnology

研究を始めるのに必要な知識・能力

In Mizuta-Manoharan laboratory, we are conducting interdisciplinary research by integrating physics, electrical and electronics engineering, mechanical engineering, chemistry and Biology research fields. Fundamental knowledge in these fields is important for our research works.

この研究で身につく能力

Mizuta-Manoharan laboratory utilizes atomic layer materials like graphene, h-BN, MoS₂, etc and ultrafine fabrication technology with 1 nanometer precision to develop ultra-sensitive environmental sensor Devices, ultra-low power consumption NEMS switches, quantum information processing devices, and so on. Based on these researches, students will obtain first-hand experience in (1) Electron Beam lithography and cutting edge Helium ion beam patterning technologies and nano-device fabrication processes, (2) Environmentally controlled 5 K to 500 K temperature range DC and RF probe stations, dilution refrigerator, Electrical characteristic measurements, (3) Design and analysis techniques ranging from first principles calculation to device and circuit simulations.

【就職先企業・職種】 Information and Communications Technology Companies and Manufacturing Industries.

研究内容

In Mizuta-Manoharan laboratory, we carry out research using graphene and other 2D atomic layer materials and ultra-fine fabrication technology with atomic scale precision for Extremely sensitive environmental sensor, Ultra-low power consumption NEMS switch, Quantum information processing device, Thermal phonon engineering devices, etc. We are aiming to contribute to energy and environmental problems.

Specifically, we focus on following four research topics:

(1) Graphene Nanoelectromechanical (GNEM) sensors:

By using highly sensitive GNEM devices, we are developing Extremely sensitive environmental sensors enabling detection of even single molecule. Using GNEM device structure, we are developing energy harvesting architecture for environmental sensor self-powering capability.

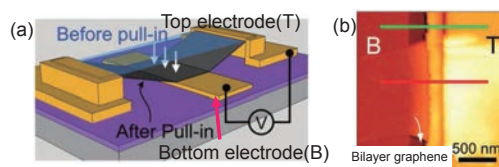


Fig. 1 (a) Schematic diagram of pulling down a suspended graphene with electrostatic force onto the bottom electrode. (b) AFM image of the suspended graphene beam.

(2) Graphene Nano Electro Mechanical Switches

We are developing novel NEMS devices that are impossible with conventional semiconductor materials. Graphene and other 2D materials NEMS switches research work is carried out for ultra-low power integrated system operating at low voltage.

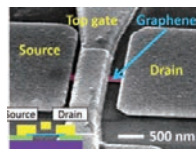


Fig. 2 Monolayer GNEMS Switch SEM image

(3) Quantum information device and Graphene tunnel field effect transistor

We study the quantum information devices using graphene and other 2D materials to realize long spin decoherence time. Tunnel field effect transistors (TFET) are electrical switching devices

based on novel physics, which can overcome the theoretical sub-threshold slope limitation of conventional silicon MOSFETs. As silicon TFETs suffers from low ON current, we study the operation mechanism and performance limit of graphene TFETs both experimentally and multi-scale simulations (first-principles and device level).

(4) Atomistic and Multiscale Phonon simulations

We aim to develop a graphene phononic device that can control thermal phonons (phonon in the THz regime) by forming periodic nanopore structure in graphene. We also study single dopants in Silicon and vacancy-centers in diamond by first-principles simulations.

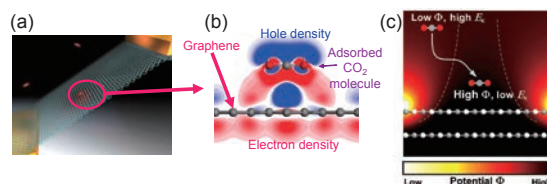


Fig. 3 (a) CO₂ molecule adsorbed on to graphene beam (b) Charge distribution across the molecule (c) Molecular dynamics simulation

主な研究業績

1. A. M. Hammam, M. E. Schmidt, M. Muruganathan, S. Suzuki, and H. Mizuta, 'Sharp switching behaviour in graphene nanoribbon pn junction' Carbon 121, 399-407 (2017)
2. J. Sun, M. Muruganathan, and H. Mizuta, 'Room temperature detection of individual molecular physisorption using suspended bilayer graphene', Science Advances 2, 4, e1501518 (2016)
3. M. Muruganathan, J. Sun, T. Imanura and H. Mizuta, 'Electrically-tunable van der Waals interaction in graphene-molecule complex', Nano Letters 15, 8176-8180 (2015)

使用装置

Electron beam lithography - Nano-device fabrication equipment
Gas Field ionization gas ion source (GFIS) microfabrication equipment
Environmentally controlled 5 K and RF prober
Atomic resolution scanning transmission electron microscope
First-principles quantum transport simulator

研究室の指導方針

We explore a variety of emerging nanotechnologies for 'More-than-Moore' and 'Beyond CMOS' era. We warmly welcome young scientists seeking an active international research environment.

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/mizuta-lab/>

物質化学領域

新しい機能を示す材料の基本構造を
化学の視点からデザインし、
新材料の創製に貢献

■ 領域の概要

本領域では、新しい機能や優れた性能を示す新規マテリアルの基本構造を、化学の基本原理と応用技術、さらには最先端の機器による構造解析技術に基づいてデザインしています。また、豊かで持続可能な社会を具現化するために必要となる化学製品の開発やその製造プロセスを産業界に提案することで社会に貢献します。さらに、化学分野の先端知識を用いて新材料を分子・原子レベルで設計し、その創製を実現できる優れた研究者および技術者の育成に努めています。

■ キーワード

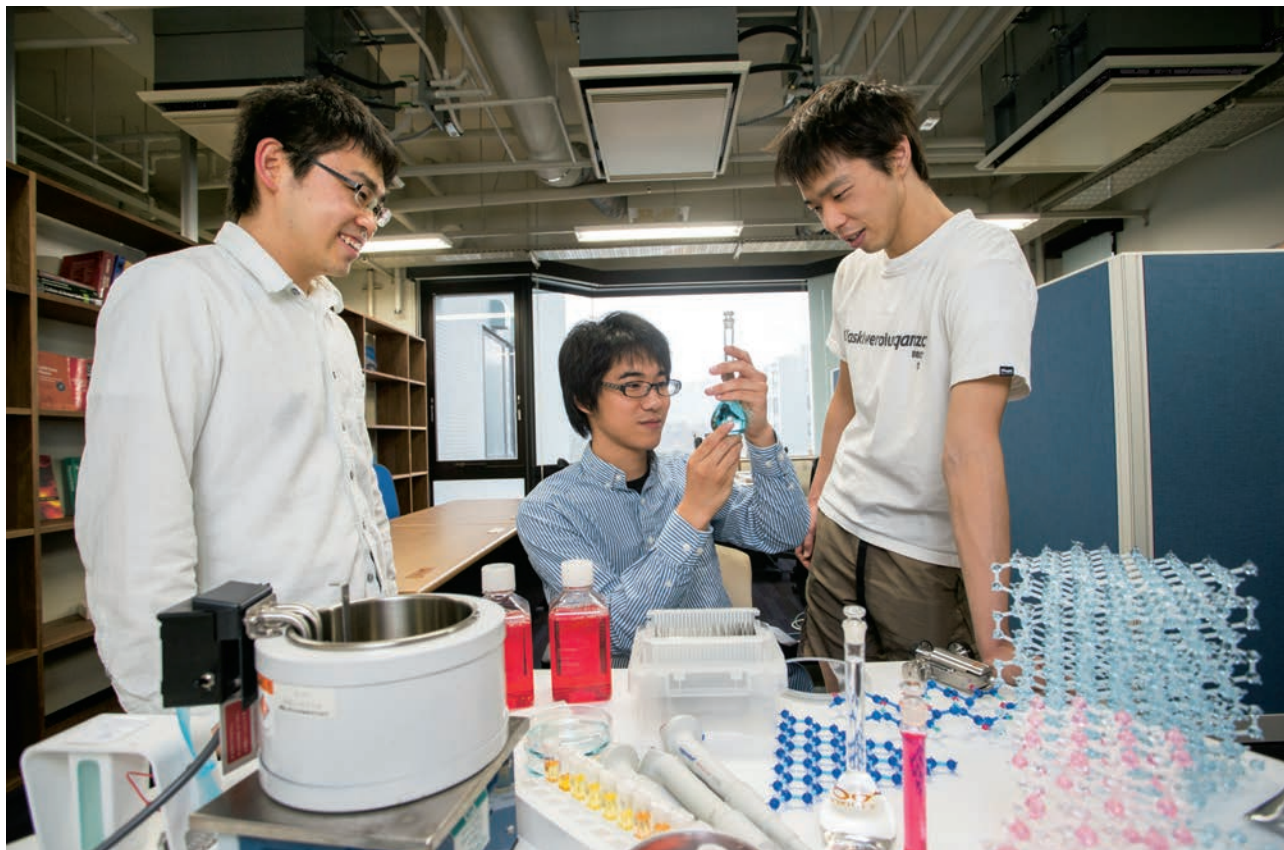
ナノ材料化学、高分子化学、グリーンケミストリー、エネルギー関連材料、生体適合材料、ナノ触媒、分析化学

■ 教育研究の方針

旧マテリアルサイエンス研究科の物質デザイン・創出領域に所属していた教員などが中心となって新たに設置した領域です。本領域の研究室に配属された学生には、物質の化学組成及び化学構造を最先端の機器により解明する能力を修得するにとどまらず、新しい機能を示す材料の基本構造をデザインする能力を養ってもらいます。また、産業界などで必要となっている技術、材料に対する理解を深めると共に、それに応える技術構築や材料創製を化学的視点から進めることで、社会に貢献する有為な人材を育成します。

■ 就職実績

NOK (株)、王子ホールディングス(株)、グンゼ(株)、シキボウ(株)、シャープ(株)、住友大阪セメント(株)、住友ゴム工業(株)、セーレン(株)、積水樹脂(株)、テルモ(株)、東京エレクトロン(株)、TOYO TIRE (株)、富山市役所、日鉄住金テクノロジー(株)、日産化学(株)、(株)ニフコ、日本製紙(株)、日本電産(株)、林テレンプ(株)、(株)福井村田製作所、三浦工業(株)、三菱ケミカル(株)、三菱自動車工業(株)、三菱電線工業(株)、三ツ星ベルト(株)、ヤマハ発動機(株)、YKK (株) 等





ナノ粒子工学：機能材料の創製から応用まで

研究を始めるのに必要な知識・能力

基礎学力、コミュニケーション能力、知的好奇心、柔軟な思考

この研究で身につく能力

修士課程では、(1) ナノ材料の化学合成技術、(2) 各種分析機器(透過型電子顕微鏡、X線回折装置、X線光電子分光、組成分析装置など)の操作スキル、(3) 基礎学問の知識(無機材料化学、結晶学、コロイド化学、固体物性など)、(4) ナノ材料に関する先端専門知識を身につけて頂きます。博士課程では、1-4に加え、英語によるプレゼンテーション能力、英語論文執筆能力、研究課題設定能力、共同研究遂行能力など、研究者に必要なあらゆる能力を身につけて頂きます。

【就職先企業・職種】 製造業(化学、精密機器、電気機器、ガラス・土石製品、繊維製品、その他製品など)

研究内容

物質をナノメートルサイズまで細かくしていくと、種々の物性がサイズに依存する新奇な材料となります。このような新奇材料を一般に「ナノ材料」と呼びますが、我々はその中でも特に「ナノ粒子」に興味を持ち、ナノ粒子に関する基礎から応用に亘る研究を行っています。半導体、磁性体、金属などのナノ粒子を化学合成し、その表面をさまざまな配位子によって機能化し、さらにそれらナノ粒子の高次構造を制御することによって、バイオ・医療分野あるいは環境・エネルギー分野で新たな応用を開拓することを目指しています。

1. 磁性体ナノ粒子の合成とバイオ医療分野への応用

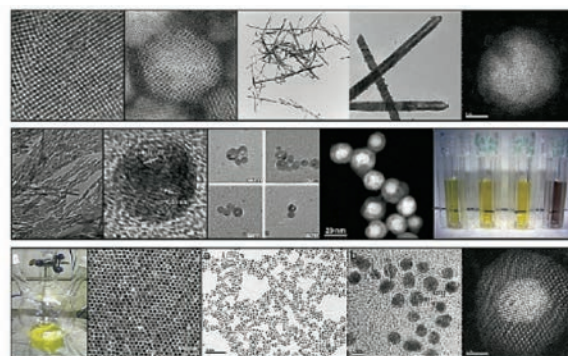
規則合金系の強磁性体のナノ粒子を独自の方法によって合成し、その表面を自在に修飾することによって、バイオ医療分野での様々な応用の道を開拓しています。具体的には、細胞やタンパクの磁気分離、MRI造影剤、ドラッグデリバリーシステムなどのナノ磁気医療に応用するための技術開発を行っています。

2. 半導体ナノ粒子の合成とエネルギー変換素子への応用

狭ギャップ化合物半導体から広ギャップ酸化物半導体のナノ粒子まで、幅広い種類の半導体ナノ粒子を化学合成し、それらを用いて低炭素社会の実現を志向したナノ構造エネルギー変換素子の創製に関する研究を行っています。特に、塗布プロセスで作製可能な、ナノ構造熱電素子や有機無機ハイブリッド太陽電池などに興味を持っています。

3. 金属ナノ粒子を用いたバイオセンシング技術の開発

近年、金ナノ粒子を用いた様々なバイオセンサが開発され、簡便かつ迅速にDNA配列検出やタンパク質機能解析などが可能となってきました。我々は、ナノ粒子プローブを用いたバイオセンシング技術の更なる高度化を目指し、新奇なヘテロ構造金属ナノ粒子プローブの開発を進めています。



主な研究業績

1. W. Zhou, C. Shijimaya, M. Takahashi, M. Miyata, D. Mott, M. Koyano, M. Ohta, T. Akatsuka, H. Ono, and S. Maenosono, "Sustainable Thermoelectric Materials Fabricated by using $\text{Cu}_2\text{Sn}_{1-x}\text{Zn}_x\text{S}_3$ Nanoparticles as Building Blocks", *Appl. Phys. Lett.* 111 (2017) 263105
2. M. Takahashi, P. Mohan, K. Mukai, Y. Takeda, T. Matsumoto, K. Matsumura, M. Takakura, H. Arai, T. Taguchi, and S. Maenosono, "Magnetic Separation of Autophagosomes from Mammalian Cells using Magnetic-Plasmonic Hybrid Nanobeads", *ACS Omega* 2 (2017) 4929-4937
3. P. Mohan, M. Takahashi, K. Higashimine, D. Mott, and S. Maenosono, "AuFePt Ternary Homogeneous Alloy Nanoparticles with Magnetic and Plasmonic Properties", *Langmuir* 33 (2017) 1687-1694

使用装置

透過型電子顕微鏡 (TEM)
走査透過型電子顕微鏡 (STEM)
X線回折装置 (XRD)
X線光電子分光装置 (XPS)
誘導結合プラズマ発光分光分析装置 (ICP-OES)

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/~shinya/>

就職希望者には、基礎・専門知識はもちろん、コミュニケーション能力、英会話力、論理的思考力および柔軟な対応力を涵養し、不確実性の時代を生き抜くことができる人材となってもらうための指導を行います。企業経験を活かした実践的就職指導も適宜行います。

博士後期課程への進学希望者については、先端的かつ国際的な研究環境を提供することによって、将来的に大学教員や企業研究者として活躍できるグローバル研究人材を育成します。



ヘテロ元素化学から未来エネルギーを考える

研究を始めるのに必要な知識・能力

研究への意欲、知的好奇心、多少の失敗にひるまない楽観性、他のメンバーと協調的に研究を遂行できる適応性。また、以下は研究室に入る時点で必須ではありませんが、有機合成化学、高分子合成化学、電池関連化学、光化学などの経験や知識があればアドバンテージになります。

この研究で身につく能力

物質をデザインし、合成し、キャラクタライズする能力。実験データの意味を客観的に考察する能力。短期的、長期的に研究計画を立てる能力。報告書を作成したり、効果的にプレゼンテーションを行う能力、ディスカッション能力などがそれぞれ身につきます。さらには英語でコミュニケーションをとるための実践的能力を身につける場としても適しています。よりテクニカルな点では、嫌気下で様々な物質を有機合成し、NMR等で構造確認するスキル、イオン伝導性材料をインピーダンス測定などにより評価し、それらの電気化学的安定性を評価し、実際に電池を構築して充放電評価するスキルが身につくほか、光電気化学反応を電気化学的に評価するスキルを身につけることが出来ます。

【就職先企業・職種】 総合化学メーカー、繊維系メーカー及び他の素材メーカー、印刷系メーカー、機械系メーカーなど。

研究内容

1. リチウムイオン2次電池の課題解決を指向した電解質材料

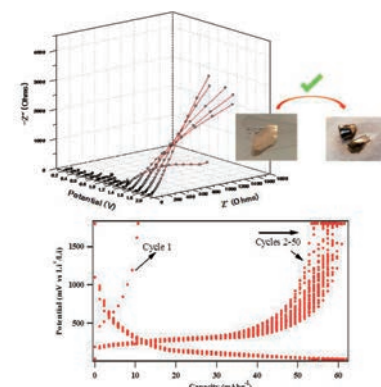
今日、リチウムイオン2次電池は各種モバイルデバイス用電源のみならず環境対応自動車向け電源や自然エネルギーバックアップ用電源、家庭向け電源として脚光を浴びており、スマートグリッドシステムの構築においても多大なる役割が想定されています。高いエネルギー密度を有するリチウムイオン2次電池ですが、同時に多くの課題も山積しています。従来型の電解質では一般にリチウムイオンの輸送選択性が低いことが課題です。そこで本研究グループではホウ素化学をはじめとするヘテロ元素化学を駆使し、アニオンレセプターや高解離性リチウム塩を導入した新規電解質を開発することにより、リチウムイオン輸送選択性向上への問題解決に挑んでいます。例えば、高分子化イオン液体にアルキルボラン骨格を導入することにより、アニオントラップ型電解質としてはこれまでで最も高いリチウムイオン輸率(0.87)を達成しています。

同時に、重要な課題として挙げられるのが安全性の向上です。リチウムイオン2次電池においてはこれまで国内外において発火、爆発事故によるリコール報道が相次いできました。今後大容量化への社会的要求が大きくなりリチウムイオン2次電池において安全対応は急務であり、本研究グループでは難燃性電解質材料の設計と評価を通して、次世代電池の基幹的な電解質の創出を目指して研究を行っています。

また、電池特性の支配因子である電解質-電極界面構造を設計・制御する試みや、負極用ポリマーバインダーの設計、次世代型ポストリチウムイオン2次電池として期待が大きいリチウム-空気電池用電解質・空気極の開発と評価など、蓄電池分野の諸課題に多様な角度から挑んでいます。

2. 色素増感効果を利用した光電気化学的水分解による水素製造

無尽蔵な太陽光を利用し、燃料を必要としない太陽光発電は、低炭素化技術の切り札として活発に研究が進められてきました。その一方で、太陽エネルギーによる貯蔵可能なエネルギーの生産方法として注目を集めているのが光電気化学的水分解による水素製造です。現状では、燃料電池などの燃料源として期待される水素ガスの大半は石油のクラッキングにより製造されており、よりクリーンで効果的な水素製造法の開発が求められています。代替的な手法である水の電気分解においては1.2Vの電圧の印加が必要であり、これを0.5V程度まで低減することに成功したのが本多-藤嶋効果として知られる光電気化学的水分解です。本研究グループでは、酸化チタンナノチューブと有機色素から成る複合電極を用いて光電気化学的水分解を更に効率的に行うことに取り組んでいます。



有機・無機ハイブリッドイオンゲルを用いて構築したリチウムイオン2次電池の動的インピーダンス、充放電試験、難燃性評価

主な研究業績

1. "Allylimidazolium based poly(ionic liquid) anodic binder for lithium ion batteries with enhanced cyclability", T. P. Jayakumar, R. Badam, N. Matsumi, ACS Appl. Ener. Mater, 3 (2020) in press.
2. "Rational design of BIAN based multi-functional additive for higher durability and performance of $\text{LiMn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ cathodes", S. G. Patnaik, R. Vedarajan, N. Matsumi, Mol. Syst. Des. Eng, 4 (2019), 939.
3. "BIAN based electroactive polymer with defined active centers as metal-free electrocatalysis for oxygen reduction reaction in aqueous and nonaqueous media", S. G. Patnaik, R. Vedarajan, N. Matsumi, ACS Appl. Ener. Mater, 1 (2018) 1183.

使用装置

充放電評価装置
インピーダンスアナライザー
電気化学アナライザー
核磁気共鳴分光装置
ソーラーシミュレーター

研究室の指導方針

合成化学を基盤にしながら、リチウムイオン電池や光電気化学的水素製造など社会的要求の高い研究分野に果敢にチャレンジします。クリエイティブな発想力と失敗を恐れない実行力、社会貢献への意識などを有したバランスのとれた人材の育成を目指します。ヘテロな研究集団を目指していますので、様々なバックグラウンドを持った人材を歓迎します。入って来るメンバーの科学的知識レベルも様々でしょうが、2年間ないし5年間にそれぞれのレベルに応じて大きな成長と達成感、自信を味わって巣立っていただくことが目標です。

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/matsumi>



高分子材料の機能化、高性能化を レオロジー的な手法で行います

研究を始めるのに必要な知識・能力

マテリアルサイエンス(材料科学)系分野に関する基礎知識があれば、これまでの専門は気にせずとも結構です。むしろ意欲ある学生を希望します。

この研究で身につく能力

高分子はひとつの分子が線状で長いことが最大の特徴です。このような分子形状であるため、高分子は“からみ合い”相互作用を示します。その結果、例えば液体状態でも弾性を示し、さまざまな成形加工が適用できるようになります。からみ合いは高分子らしさを表す最も適切な特性であると言え、レオロジーではその「からみ合い」により示される特性や、それによって形成される構造を取り扱います。当研究室ではレオロジー的な考え方や成形加工の技術を取り入れることで、新しい機能材料や、ポリマー系材料の高性能化へ取り組み、世の中の役に立つ新規材料を創出しています。これらの研究で身につく材料設計に対する考え方は、企業における研究でも大いに役立ちます。

【就職先企業・職種】 高分子材料を扱う樹脂メーカー、加工メーカー、ユーザーなど(詳細は HP に記載)

研究内容

当研究室では、レオロジー特性の新しい制御技術、成形加工技術、ブレンド・アロイやコンポジットなどの樹脂複合化の独自技術を「武器」として、新しい材料設計を化学反応に頼ることなく創出しています。

対象とする材料は、ポリ乳酸やセルロースなどのバイオマス系ポリマー、ポリエチレンやポリプロピレンなどの汎用高分子、ポリメタクリル酸メチルやポリカーボネートなどの光学ポリマー、各種エラストマーなど、ほとんどの高分子材料であり、さらにカーボンナノチューブなどのナノ粒子、各種樹脂添加剤を幅広く取り扱っています。また、高分子以外にも、化粧品や食品などを研究対象とすることがあります。これらの材料の組み合わせや改質、さらには成形により、さまざまな機能を付与し、また、高性能化を行っています。

応用分野はさまざまですが、自動車関係の材料や次世代のディスプレイなど、日本の技術力が強い分野を中心にした研究開発が多くなっております。得られた研究成果の一部は既に工業的にも応用されています。また、成形加工のトラブルや高速成形に対する研究も進め、高分子加工を技術的にサポートしております。以下、研究例の一部を紹介します。

【高分子系複合材料の研究開発】

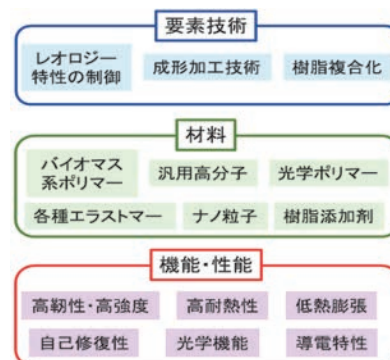
分子レベルで異種物質の凝集状態を高度に制御することにより、ポリマー系複合材料の高性能化を目指す研究です。次世代自動車などへの用途展開が期待できる透明樹脂や内装材向け樹脂、透明かつフレキシブルな導電性ポリマーフィルム、植物由来の原料を用いた革新的な光学デバイスなどの開発に取り組んでいます。また、ポリ乳酸の革新的な高性能化など低環境負荷材料を用いた研究も積極的に推進しています。

【レオロジー制御による機能性ソフトマテリアルの材料設計】

レオロジーの考え方はポリマーのみならず、さまざまな分野で必要とされます。特に、ソフトマテリアルである食品や生体材料、化粧品などではレオロジー特性の把握が必要不可欠です。本テーマでは、これら機能性ソフトマテリアルの材料設計をレオロジーの観点から進めています。切断しても再び元通りに治癒する自己修復性材料、形状記憶材料などの設計指針をこれまでに提案しています。

【成形加工技術の深化・構築】

優れた高分子材料でも、成形加工できなければ世の中で使用されません。そのため高分子産業では、成形加工に必要な不可欠なレオロジーの専門家を常に必要としています。その基礎となる研究を実施すると共に、新材料のレオロジー特性を明らかにすることで実用化へ貢献しています。



主な研究業績

1. 低分子添加による複屈折制御, 山口政之, 工業材料, 66(4), 33-37 (2018).
2. 成形加工性向上のための高分子レオロジー制御技術, 山口政之, 機能材料, 38(4), 4-12 (2018).
3. 分子配向制御によるベニヤ板構造の射出成形体の実現, 山口政之, プラスチックス, 67(4), 5-8 (2016).

使用装置

レオロジー測定装置
成形加工機
分光分析装置
力学特性評価装置

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/yamaguchi/>

当研究室では、主として高分子物性に関する知見に基づいて、材料の設計から成形技術に至るまで、さまざまな研究テーマを設定し活動しています。また、実際に役立つ研究を行うために、企業との共同研究を積極的に進めています。私自身の企業経験も活かしながら就職活動へのサポートも行い、総合的な力を伸ばしてもらいたいと考えています。

ポリマー材料の研究開発に興味をお持ちの方は、是非、当研究室を訪問してください。



ポリマー1分子の直視：キラル高分子合成と人工分子モーターのAFMビデオイメージング

研究を始めるのに必要な知識・能力

機能性高分子の合成研究を希望する学生は、有機化学と高分子化学の基礎的な知識が必要です。また、高分子鎖一本の構造を解析する1分子イメージング研究を希望する学生は、顕微鏡装置のしくみを理解し使いこなす必要がありますので、物理学的なものの考え方が求められます。

この研究で身につく能力

【高分子合成】新しい機能性高分子を合成しますので、有機合成化学的手法や高分子機能設計についての研究能力が鍛えられます。【1分子イメージング】有機溶媒中の高分子鎖一本の構造ダイナミクスを高速 AFM イメージングし動態を解析しますので、装置原理や当該解析法のしくみ、また一連の考察をとおして高分子の本質についての理解が深化します。【シミュレーション】スーパーコンピュータを活用して分子動力学 (MD) 計算による高分子鎖一本のダイナミクスをシミュレーションし、高速 AFM イメージングの結果を理解してモデルを構築しますので、コンピューターシミュレーションの基礎と応用が身につきます。【分子マシン創製】多様な高分子鎖の運動機能を探索し分子マシンの創製へ展開しますので、現象の本質を見抜く洞察力、創造力が鍛えられます。

【就職先企業・職種】化学系企業、半導体関連企業、食品関連企業、公務員(教員)など

研究内容

篠原研究室では、ポリマー1分子を研究対象とした基礎研究を進めています。最近の研究で、分子レベルではポリマーにも生物のようなしなやかな動きがあることが実証されました。一方、生物物理学では生体高分子であるタンパク質の機能発現の機構や動作原理が明らかになりつつあります。この概念を合成高分子の設計に適用すれば、刺激や負荷などの環境変化に柔軟に対応して特性を自在に制御できるしなやかな合成高分子～分子マシン～を開発できると考えています。また同時に、1分子イメージング技術の特許化(国際出願)そして共同研究を通じて企業への技術移転を進めています。

【ポリマー1分子の直視】

ポリマーは、非常に優れた特性を持つ有用な物質であり文明を維持するために無くてはならない材料です。しかしながら、ポリマーは一般にその構造が多様で非常に複雑であるために、構造と機能の相関関係を分子レベルで議論することが難しいのです。すなわち、「ポリマーのどのような構造が、如何なる機能を発揮しているのか？」という本質的な問いに対して、多数分子の平均値を議論する従来の研究手法を踏襲する以上、明確に分子レベルで答えることは難しいという問題があります。これが原因となり、より優れた機能を有する高分子を合成しようとする際に、どのような分子設計を行えば良いのかが不明確である、という障壁が機能性高分子の構造設計において立ちまわっています。そこで、高分子鎖一本の構造と機能の実時間・実空間同時観測系が確立されれば、推論や仮定なしに、明確に分子構造と機能との関係を直接議論できるのではないかと考えました。

ポリマー1分子の直接観測で世界に先駆けた研究に挑戦し続けています。例えば、合成高分子鎖一本のらせん構造が形成する高次構造の解明を世界で初めて走査トンネル顕微鏡観測で達成し、米国サイエンス誌の依頼を受け成果の一部が掲載された等の成果を挙げています。また液中でゆらぐπ共役ポリマーの1分子蛍光イメージングと1分子分光に成功しています。さらに高速 AFM によるらせん高分子鎖一本の運動を直接観測して、これがブラウン運動であることを解析で証明しました。また超分子ポリマーの研究では、国際学術誌の表紙を飾っています。

【分子マシンの開発】

生体を構成しているタンパク質などの生体高分子にはさまざまな機能があることがわかっていますが、取り出すと高次構造が崩れ機能が失われてしまうため、材料として利用することが難しいという問題がありました。その点、合成高分子は耐久性があり、材料には適しています。

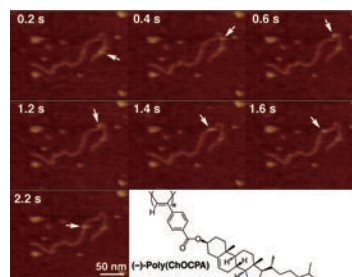


Fig. Single Molecular Unidirectional Processive Movement along a Helical Polymer Chain in a Non-aqueous Media

もし、しなやかな高次構造を形成し、さまざまな機能をもつ合成高分子を作ることができれば、現在の機械のしくみを根底からくつがえす、画期的な材料を作れると期待しています。篠原研究室では、モータータンパク質など生体分子マシンの構造や機能に学び、これを超える新しい機能を持った合成高分子による分子マシンの実現を目指しています。

主な研究業績

1. K. Shinohara, S. Yasuda, G. Kato, M. Fujita, H. Shigekawa: Direct observation of the chiral quaternary structure in a π -conjugated polymer at room temperature, *J. Am. Chem. Soc.* **123**, 3619-3620 (2001); Editors' Choice, *Science* **292**, 15 (2001).
2. K. Shinohara, Y. Makida: Direct observation of dynamic interaction between a functional group in a single SBR chain and an inorganic matter surface, *Sci. Rep.* **8**, 13982 (2018).
3. K. Shinohara, M. Yanagisawa, Y. Makida: Direct measurement of long-chain branch in a low-density polyethylene, *Sci. Rep.* **9**, 9791 (2019).

使用装置

高速原子間力顕微鏡(高速 AFM)
単一分子蛍光・分光顕微鏡(TIRFM)
高分子鎖構造 / 蛍光同時観測装置(AFM/TIRFM 複合)
スーパーコンピュータ(分子動力学計算)
各種機器分析装置(NMR, IR, UV/vis. 等)

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/shinohara/>

研究テーマを学生が教員から与えられたものとして受動的に研究するのではなく、一日も早く自らのものとして研究テーマを捉えることができるよう指導します。具体的には、学生とのコミュニケーションを積極的にとり、学生の能力に応じて可能な限り意思を尊重して自主的に実験を遂行させ、自ら問題を見つけてこれを解決する能力を養わせる方針です。これら一連の過程を繰り返すことにより、研究とは如何なるものなのか等の基本的かつ重要な問の答えが各々学生なりに得られ、ひいては将来の優れた研究者・技術者としての自覚につながるものと期待しています。



“探索・学習・予測”のシナジーを実践する次世代マテリアル設計

研究を始めるのに必要な知識・能力

物理化学、量子化学、触媒化学、高分子科学、ロボット工学のいずれか。新しい分野に創意工夫を持って挑戦する志を持つこと。

この研究で身につく能力

- ①問題解決能力、方法論の起案能力：研究開発では、仮説を実験によって検証する「仮説検証」が最もベーシックなやり方です。仮説の立て方や検証の仕方は、個々の研究者に委ねられていますが、実はここが研究の速度と良し悪しを決める最も重要なポイントです。当研究室では、どのテーマでも、速度や精度という点でやり方を詰めた後に研究を開始します。これによって、方法論の起案という他には中々ない能力が身につきます。
- ②科学資料作成やディスカッションに関する能力：分野や国籍の異なる研究者との報告会を通じて、研究結果を科学資料へと昇華する能力、プレゼン能力、ディスカッション能力、新しい物事に動じない知的たくましさ鍛えます。

【就職先企業・職種】化学企業全般

研究内容

循環型社会への転換が急務とされる今、材料科学は3つの課題に直面しています。

- 1) 先進国での少子化に伴ってマンパワーが減少する一方、世界的なグローバル化によって国際競争の激化や情報の普及が進み、萌芽研究自体の優位性が失われつつあります。
- 2) 世界的な景気の悪化と益々逼迫する環境、エネルギー問題の前に、研究者に与えられる資金と猶予は減少の一途を辿っています。
- 3) ナノテクノロジーに代表されるように、材料設計のレベルは年々高度化かつ複雑化しており、限られた期間で完全に新規な材料を発見する余地は徐々に少なくなっています。

私達、谷池研究室のミッションは、高度に自動化された並列実験や予測を可能にする高精度量子化学計算などを相乗的に組み合わせた新しい材料設計アプローチを確立し、このような厳しい状況の中で、優れた材料を次々に世に発信することです。また、新しい材料設計アプローチを身につけた次世代の材料科学研究者を育成します。

1. “探索”－ハイスループット実験

材料設計の高度化と複雑化、少子化と研究期間の短縮が進むなか、これまでの多くの大発見が膨大な数の実験の中の予期せぬ発見「セレンディピティ」から生まれてきたことも事実です。私達は、これまで研究者が昼夜を問わず一つ一つ行ってきた合成や分析を自動並列化したハイスループット実験を行い、膨大な数の候補材料を探索します。ここでは、マンパワーがマシンパワーに、ガラス器具を用いた実験の設計がマシンの設計になるわけです。マシンが一度に数十の実験を肩代わりする傍ら、私達の仕事は、自身の勉強や明日の研究を進展させるために頭を使うことです。

2. “学習”－多変量解析

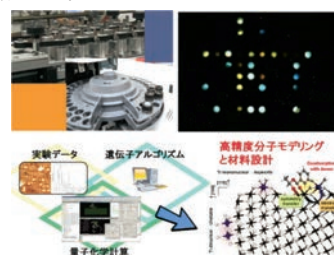
ハイスループット実験は、数十から百に及ぶ結果を一度にもたらしますが、得られた大量のデータの分析は容易ではありません。私達は、多変量解析によってデータを統計的に処理し、全ての実験データから余すことなく学習し、より良い材料や反応条件の推定を行うだけでなく、材料の構造と性能の間の複雑な相関関係(QSPR)を解明します。

3. “予測”－量子化学計算

計算機と計算科学が日進月歩の発展を見せる中、材料科学における計算科学の重要性は急速に増えています。計算科学の究極的な目標は、実験の数を最小限にするスクリーニングや未知の高性能材料の予測です。私達は、実験と計算化学を相互支援的に組み合わせることで、数多くの実験結果を再現するユニバーサルなモデルを提案し、これによって、第一原理からの未知材料の予測に挑んでいます。

私たちの研究グループのアドバンテージは、最新鋭の方法論によって時代のニーズを捉えた材料分野に切り込むことができることです。実際、扱う材料は触媒、高分子、コンポジット、分離膜、ナノ材料と多岐に渡っています。今必要とされる材

料と、独自の材料設計スキームを武器とする材料研究者という二重のアウトプットをもって社会に貢献します。



(上)ハイスループット実験
(下)コンピュータを利用した材料設計

主な研究業績

1. T. N. Nguyen, T. Taniike et al., High-Throughput Experimentation and Catalyst Informatics for Oxidative Coupling of Methane, ACS Catalysis, 2020, 10, 921-932.
2. A. Thakur, R. Baba, T. Wada, P. Chammingkwan, T. Taniike, Cooperative Catalysis by Multiple Active Centers of Half-Titanocene Catalyst Integrated in Polymer Random Coil, ACS Catalysis, 2019, 9, 3648-3656.
3. G. Takasao, T. Wada, A. Thakur, P. Chammingkwan, M. Terano, T. Taniike, Machine Learning-Aided Structure Determination for TiCl₄-Capped MgCl₂ Nanoplate of Heterogeneous Ziegler-Natta Catalyst, ACS Catalysis, 2019, 9, 2599-2609.

使用装置

多目的並列反応装置

ハイスループットマイクロ波化学合成装置

化学発光イメージング測定装置

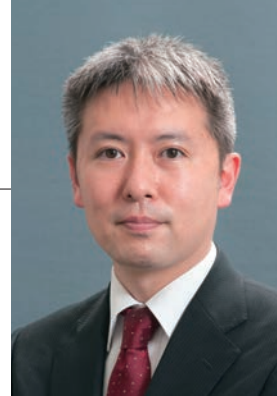
多目的リキッドハンドラー

各種分析装置、スーパーコンピュータ

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/taniike/>

当研究室では、隔週の実験報告と月イチのコロキウムという成果報告を義務付けていますが、コアタイムは特に設けていません。「報告会や学会に向けて効率的にデータを貯め、空いた時間をその他の活動に使う」というように、創意工夫によって、大学院という短くも多忙な時間を主体的に計画して欲しいと考えているからです。



水素イオンの自在制御に挑む

研究を始めるのに必要な知識・能力

多様なバックグラウンドを歓迎します。今までに修めた学問を大事にしながら、新しいことに取り組む意欲を持ち続ける力が求められます。

この研究で身につく能力

週2回のゼミ(英語で行います、具体的には研究相談と文献紹介)を通して、指導教員や先輩の助けを借りながら、自ら調べ、考える力を身につけていきます。英語の会話スキルの向上が期待できます。実践の場として、高分子化学、表面化学、電気化学、錯体化学等に関連した研究を行うことで次のスキルが身につきます。1. 問題発見と解決方法。2. 材料合成や各種分析方法の習得。3. 論理的思考に基づいたデータの解釈方法と性格やセンスに帰着させない基本的なプレゼンテーション技術。

【就職先企業・職種】電力関連、材料メーカー、精密機器関連、OA 機器・印刷情報関連など(企業名は web に記載)

研究内容

資源の少ない日本が持続的な発展をするためには、多様なエネルギー資源を確保することが喫緊の課題です。ありふれた水から水素や酸素を、ありふれた二酸化炭素から炭素材料を作り出すことは人類の夢です。

当グループ発の高分子薄膜内の特異な高速プロトン輸送現象(ナノプロトニクス現象)は、燃料電池の高性能化と低コスト化に寄与する研究に発展し、世界から注目を集めつつあります。この研究で得られた「水を吸収することで組織構造化する高プロトン伝導材料」は我々の強みの一つです。それは、十分に理解されていないナノ・ミクロ・マクロスケールの高次階層性と機能創発の相関の一端を、この材料を通すことで理解できるかもしれないからです。我々はこの知見をもとに人類の夢の実現に向けて未来技術の開拓を進めています。我々は意欲ある学生の受入や課題を有する企業との連携を積極的に推進しています。我々と共に研究してみませんか。以下に具体的な研究テーマを挙げます。

1. 高分子配向、組織構造化による電池材料の高性能化

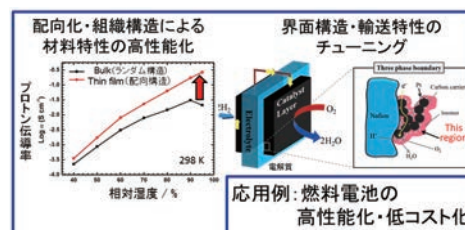
燃料電池材料で実用化されている高プロトン伝導性高分子膜の多くはアモルファス構造であり、構造とプロトン輸送の相関を調べることは容易ではありませんでした。我々が発見した「水で組織構造化する高プロトン伝導膜」を利用することで、構造とプロトン輸送の相関や高プロトン伝導性の起源についてより深く研究することができるようになりました。この知見を電池の高性能化へ応用しています。最近では外場刺激にプロトン輸送が応答する研究も進めています。

2. 材料表面の多機能・高機能化

材料表面で高分子化する表面化学修飾を行うことで、濡れ性、帯電性、防汚性、密度および多孔質制御、光機能制御等を行うための技術開発を計算科学と自動合成技術を利用して効率的に進めています。現在、水問題の課題解決に関心があります。

研究テーマ例

- ・燃料電池性能向上のための高分子界面の研究
- ・燃料電池アイオノマー材料の研究
- ・燃料電池用非白金系カソード電極触媒の開発
- ・組織構造を活かした高プロトン輸送材料の開発
- ・界面を利用したナノ材料の多機能化の研究



主な研究業績

1. Y. Nagao, Progress on highly proton-conductive polymer thin films with organized structure and molecularly oriented structure (Review, Selected as Editor's choice), *Sci. Tech. Adv. Mater (STAM)*, **21**, 79 - 91 (2020).
2. Md. M. Hasan, Y. Nagao *et al.* Electroless deposition of silver dendrite nanostructure onto glassy carbon electrode and its electrocatalytic activity for ascorbic acid oxidation, *ACS Appl. Energy Mater.*, accepted., (2020).
3. U. Salma, D. Zhang, Y. Nagao, Imidazolium functionalized fluorene based hydroxide ion conducting polymer for fuel cell applications, *ChemistrySelect*, **5**, 1255 - 1263 (2020).

使用装置

電気化学装置(LCR, CV, QCM, 燃料電池評価システム)
材料分析装置(IR, UV, NMR, GPC, XRD, TG-DTA)
表面分析装置(AFM, XPS, GISAXS, XRR, 白色干渉)
分子配向分析装置(IR p-MAIRS, 偏光顕微鏡)
自動交互浸漬装置, RF スパッタ装置, インクジェット

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/nagao-www/>

受入の際の約束事は1つだけです。理由なき遅刻をしないことです。研究室のコアタイムは朝9時から夕方17時までです。メリハリのある生活をして欲しいので、土日ではできるだけ休み、リフレッシュできるように指導しています。ダラダラと実験をしないように、上手に効率よく実験を計画・実施する能力を身につけられるように指導します。研究室には留学生が多いので、会話は英語、連絡事項も英語です。この雰囲気をうまく活用していただき、英語力を高めてください。研究テーマは指導教員と相談の上決定されます。



新しい固体触媒プロセスの構築による 資源・エネルギー問題の解決に挑む！

研究を始めるのに必要な知識・能力

基礎的な計算・データ処理能力と仲間と安全に研究を進められる方であれば、バックグラウンドを問わずに歓迎します。物理化学、有機化学、無機化学、分析化学、触媒化学などの基礎・経験があると、よりスムーズに研究を開始できます。失敗にひるまずに挑戦する「忍耐力」や「好奇心・探究心」がより自発的に研究を進める上で役に立ちます。

この研究で身につく能力

新しい固体触媒プロセスの開発は、触媒設計→触媒調製・条件の最適化→触媒活性評価・反応条件の最適化→触媒のキャラクタリゼーション→触媒作用機構の提案→検証・再考といった多くの研究段階からなっています。また、触媒作用に関連する因子は一つであるとは限りません。従って、触媒開発プロセスを経験することで、様々な分析・評価手法の技術習得、多角的に実験データを整理・解析・統合する力を身に付けることができます。また、英語の先行研究を読み自らの研究へフィードバックする力、自分の結果を他人へより分かりやすく伝えるためのプレゼンテーション力を、日常の研究室ゼミや学会発表等を通じて向上できます。

【就職先企業・職種】 化成品・ポリマー製造や自動車触媒製造を主とした化学・材料メーカーなど。

研究内容

触媒は様々な物質変換・合成プロセスに欠かすことができない材料で、身近な生活を力強く下支えています。そのため、高機能な触媒プロセスの開発は、日常の生活様式の劇的な改善やより低環境負荷なスタイルへと大きく変えるインパクトを持っています。例えば、空気中の窒素の人工的な固定化を実現したアンモニア合成触媒の実現(1918年ノーベル化学賞)は、窒素を含む化学品合成の発展に繋がり、その後の安定的な食料生産による人口増加や火薬製造による工業の発展へと繋がりました。

当研究室では、「従来の在来型化石資源の利用技術で培われた触媒プロセス技術を生かし、より高効率な触媒を設計するための指針の提案」や、「固体触媒を用いた高効率な次世代バイオマス資源変換プロセスの構築」を図ることから、持続可能・低環境負荷な社会形成に貢献できる触媒プロセス技術を構築することを目指しています。

・金属担持触媒の高機能化に向けた触媒設計と作用機構解明

金属活性点を固体表面に固定化した金属担持触媒は、主に1. 金属活性点の電子状態や形状、2. 金属活性点の周囲環境、3. 担体の性質によって、その触媒作用が大きく異なります。それぞれの因子を系統的に制御し、対象とする触媒反応への性能を評価することで、求める触媒作用に対して選択的に欲しい性能を付与できる触媒調製指針の策定を目指します。例えば、異種金属を合金化させた活性サイトの構築による高活性化(CS&T 2013, ACS Catal 2013, ChemSusChem 2015など)、保護配位剤を作用させることによる活性点周囲の環境制御による高活性・高選択性の発現(JPCC 2014, Asian JOC 2017など)、特異な構造を有する担体合成による超高活性化(J. Mater. Chem. A, 2014など)を実現しています。

・高効率なバイオマス資源変換を実現する固体触媒プロセス開発

バイオマス資源は再生可能でカーボンニュートラルであることから、持続可能な次世代資源としての活用が期待されています。しかし、低いLCA(ライフサイクル・アセスメント)が課題です。固体触媒を用いた高効率プロセスの実現によるバイオマス資源利用の拡大を目指しています。例えば、常圧水素によるバイオ燃料製造プロセス(Catal Today 2014)、非可食性グルコサミン類からの高品位化成品合成プロセス(ChemSusChem 2013)、高活性な酸-塩基反応プロセス(BCSJ 2012, ChemSusChem 2014, CS&T 2016など)を実現しています。

主な研究業績

1. S. Nishimura, K. Ebitani: Selective oxidation of biomass-derived alcohols with supported metal catalysts. *J. Jpn. Petrol. Inst.*, **60**, 72-84 (2017). (総合論文：これまでの研究成果の一部のまとめ)
2. S. Nishimura, A. Shibata, K. Ebitani: Direct Hydroxymethylation of Furaldehydes with Aqueous Formaldehyde over a Reusable Sulfaric Functionalized Resin Catalyst. *ACS Omega* **3**, 5988-5993 (2018).
3. S. D. Le, S. Nishimura: Highly Selective Synthesis of 1,4-Butanediol via Hydrogenation of Succinic Acid with Supported Cu-Pd Alloy Nanoparticles. *ACS Sust. Chem. Eng.* **7**, 18483-18492 (2019).

使用装置

触媒活性評価(GC, HPLC, GC-TOFMS, FTICR-MS, 液体 NMR)
触媒構造評価(XRD, ガス吸着 / 脱着, SEM/TEM, XPS, 固体 NMR, FT-IR, TPR/TPD, パルス分析など)
状況に応じて、外部の共同利用研究施設(KEK-PF, SPring-8, SAGA-LS など)での XAFS 測定も行います。

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : http://www.jaist.ac.jp/~s_nishim/index.html

当研究室では、月1~2回の研究室ゼミ(研究進捗報告・ディスカッション)を行います。コアタイムは設けませんが、社会人生活に向けて規則正しい生活リズムを作って実験・大学院生活を送ってください。本学には様々な分析機器が共通設備として整備されており、装置によっては専門職員からのサポートも得られる充実した環境が整っています。在籍中にこのサポート・分析体制を存分に活かし、自らのスキルアップを実現してほしいと思います。在籍中に得られた成果は、国内外での学会等で対外発表を行うことを推奨します。また、修了生1人に対して1報以上の学術論文・国際会議プロシーディングス等を公開し、各学生の成果を残せるように努めています。



細胞・組織の機能を制御する高分子材料を創成し、医療に役立てる

研究を始めるのに必要な知識・能力

化学をベースとして、生体に応用できる材料を目指すので、化学の基礎知識は持っていた方が望ましいです。その上で、生物学や医学に対しても必要な事を知得する姿勢を期待します。異分野からの参加は歓迎しますが、化学、高分子化学の勉強を興味を持って続けられる向上心は必要です。

この研究で身につく能力

生体材料の研究は化学・生物・医学また物理学を含んだ学際的領域の研究です。生体の持つ高度に制御された機能を学び、それを代替する材料の創成を目標として研究を続けていくことで、化学のみならず、生物学や医学、物理学などの幅広い学問分野に触れ、多角的な物の見方を獲得することが出来ます。

また、生体材料の研究は目的がはっきりしているニーズ指向型の研究のため、課題解決能力を育む事が可能です。特に博士後期課程の学生に関しては、問題発見能力も同時に身につけるように研究を進めていきます。

【就職先企業・職種】 製造業・化学メーカーなど

研究内容

機能性高分子バイオマテリアル

人工臓器やドラッグデリバリーシステム(DDS)には高分子化合物のようなソフトマテリアルが多く使用され、研究されています。バルクな材料だけでなく、コロイドやミセル、溶液なども一種のバイオマテリアルとして様々な場面で研究が展開されています。高分子材料はそのバルク界面で、もしくは溶液状態で細胞や組織と相互作用し、機能を制御することが可能であることがわかってきました。また、様々な場面でその機能を利用したバイオマテリアルの研究開発が行われています。

凍結保護高分子

細胞を凍結保存することができる高分子を見出し、その機序を調べると共に応用を目指しています。この不思議な現象は、電荷密度の高い高分子化合物、特に両性電解質高分子に見られる特徴であることがわかってきました。細胞などの様な水を含む高次構造体をそのまま凍結すると細胞内の水の結晶化により致命的なダメージが加わり、死滅します。このような高分子化合物で細胞を凍結時のダメージから保護できるということは、これまでの常識では考えにくいことでした。従って、この現象の機序を解明することで、凍結保護だけでなく、生体組織や高次構造体の保護作用などへとつながる可能性を秘めています。我々はこの高分子をゲルにすることで、細胞保護性のハイドロゲルを作成しました。また、ナノ粒子化することでドラッグデリバリーシステムへの応用も試みています。

再生医療応用可能な高分子

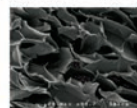
再生医療や組織工学に応用可能な、生体内分解性セルロースの開発も行っています。この技術により、細胞をその中で増殖させ、生体内で細胞治療が可能な足場材料の開発が期待されます。

生体と調和する高分子材料



再生医療材料

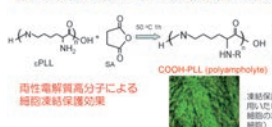
セルロースの新しい生分解手法を開発
—細胞足場材料への応用—



生体と調和する高分子バイオマテリアル

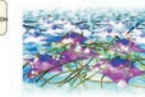
生体機能の再生を目的とした診断・治療の支援を行うために、材料工学の手法を用いた、基礎的ならびに応用的研究も目指しています。具体的には、ハイドロゲルを用いた人工関節や人工血管用材料の設計など、高分子材料の観点から生物と化学の融合を目指し、さらには生体を凌駕するような機能を探索しています。

凍結保護高分子化合物の発見と開発



細胞保護性ハイドロゲル

化学合成によりin situでゲル化可能な両性電解質高分子を創製



主な研究業績

1. Zhao D, Rajan R, Matsumura K, Dual Thermo- and pH-responsive Behavior of Double Zwitterionic Graft Copolymers for Suppression of Protein Aggregation and Protein Release. ACS Applied Mater. Interfaces, 11, 39459-39469 (2019)
2. Nonsuwan P, Matsugami A, Hayashi F, Hyon S.H, Matsumura K, Controlling the degradation of an oxidized dextran-based hydrogel independent of the mechanical properties. Carbohydr Polym, 204, 131-141 (2019)
3. Ahmed S, Nakaji-Hirabayashi T, Rajan R, Zhao D, Matsumura K, Cytosolic delivery of quantum dots mediated by freezing and hydrophobic polyampholytes in RAW 264.7 cells. J. Mater. Chem. B, 7, 7387-7395 (2019)

使用装置

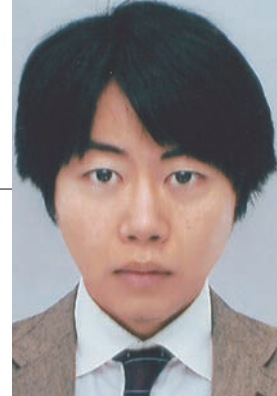
NMR
FITR
動的粘弾性装置
細胞培養用装置
共焦点レーザー顕微鏡

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/matsumura_kaz/index.html

本研究室では、高分子化学の基礎から応用までを理解し、生体材料としての応用を目指しています。そのためには、化学の知識だけでなく、生物や医学、さらには機械工学などの幅広い学問領域に通じている必要があります。また、生体材料がカバーする範囲は、人工臓器、再生医療、ドラッグデリバリー、バイオセンサなど多種多様であり、それらの研究開発に必要な知識を興味を持って獲得し、多角的な視点で課題の解決を遂行できる力のある学生を育成することを目標としています。

年に数度の学会発表を通じてプレゼンテーション能力を身につけ、週一度の研究室ゼミで基礎力・ディスカッション能力を養います。



材料とバイオを使ってゲームチェンジングテクノロジーを生み出す！

研究を始めるのに必要な知識・能力

研究を始めるにあたり特別な知識・能力は問いません。本物の科学者や世界で活躍できる第一線の研究者に本気でなりたいと考えている学生を募集しています。特に新しい技術や新分野を開拓しようと柔軟性、協調性、好奇心、野心を持った熱心な学生を求めています。

この研究で身につく能力

私たちの研究室では色々な研究手法を組み合わせた学際的な研究を行っているので多くのことを学ぶことができます。例えば、有機合成、生化学、遺伝子工学、細胞や動物実験に係る手技、ナノ材料、医療用デバイス、ロボットなどの様々な知識や技術を習得することができます。

研究内容

私たちの研究室の興味は、生物工学、材料化学、ナノテクノロジー、ナノメディシンの領域にあります。

例えば、我々の研究室では、ナノ材料の様々な物理化学的特性を活用することで、ナノスケールレベルで体の中の生物学的な活性や健康状態をモニターし、制御可能な革新的ナノバイオシステムの開発に挑戦しています(図1)。また、本研究目的のために高性能ナノロボットの合成、それらの表面工学、集合体を研究し、作製したナノロボットを上記の研究領域に統合することに注力しています。さらに、合成したナノロボットの構造と機能の関係における根本的な理解にも努めています。これらの研究はナノテクノロジー等の基礎研究としても重要ですが、とりわけ医学・薬学の分野において有用な知見と病気の治療法を提供できると期待しています。

一方、我々は食品産業や農業分野のためにも社会を一変させる革新的な技術(ゲームチェンジングテクノロジー)を創出しようと奮闘しています。現在、農作物の生産量に直結するミツバチなどの花粉媒介昆虫の減少が世界規模の問題となっています。昆虫を使った花粉交配法の代替手段として古来より羽毛や筆を用いた人の手による人工的な受粉が行われていますが、この方法は手間と労力が掛かる上、実際に作業を行う農家の方々の高齢化と人手不足が深刻な状況になっています。そこで我々の研究室では、全自動の人工花粉交配技術を構築すべく、自然から着想を得て設計するネイチャーインスパイアード材料とロボット工学を融合した研究を行っています(図2)。

このように我々の研究は、化学、物理、生物、材料科学、工学といった多くの研究分野から成る学際的な性質によって成り立っています。

過去の代表的な研究テーマ

- (1) 体の中で光発電するナノデバイス
- (2) 液体金属ナノトランスフォーマー
- (3) 超分子ナノ電車
- (4) 細胞を刺激するナノモジュレーター
- (5) ナノ材料の光発熱を利用した遺伝子発現制御
- (6) 光と磁場で駆動するナノトランスポーター
- (7) 材料工学を駆使した花粉交配用ミツバチロボット

これらは単なる一例にすぎません。自然科学を理解・開拓し、革新的な新技術、ひいては新分野そのものを一緒に作りましょう！

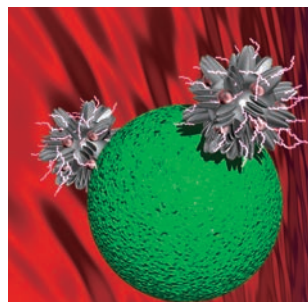


図1. 革新的ナノバイオシステム創出を目指したナノロボットの一例(生体内で光と磁場で駆動するナノトランスポーター)。



図2. 全自動人工花粉交配を目指したミツバチ型ロボット(プロトタイプ)。効率的に花粉を運ぶために粘着性ゲルを塗布した動物体毛を極小ドローンの下部に取り付けている。

主な研究業績

1. Svetlana A. Chechetka, Yue Yu, Xu Zhen, Manojit Pramanik, Kanyi Pu, Eijiro Miyako*, "Light-driven liquid metal nanotransformers for biomedical theranostics" Nature Communications 8, 15432 (2017).
2. Svetlana A. Chechetka, Yue Yu, Masayoshi Tange, Eijiro Miyako*, "Materially engineered artificial pollinators" Chem 2, 224-239 (2017).
3. Eijiro Miyako*, Kenji Kono, Eiji Yuba, Chie Hosokawa, Hidenori Nagai, Yoshihisa Hagihara "Carbon nanotube-liposome supramolecular nanotrains for intelligent molecular-transport systems" Nature Communications 3, 1226 (2012).

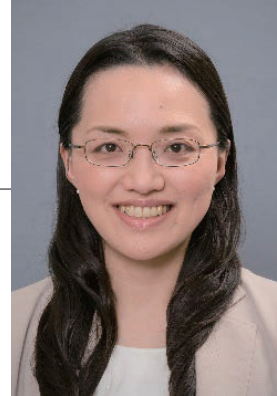
使用装置

レーザー、蛍光顕微鏡、電子顕微鏡、紫外 - 可視 - 近赤外分光光度計、蛍光光度計など

研究室の指導方針

ディスカッション、雑誌会、定期ミーティング、学会などを通じて、実験の解析技術、独立した思考能力、論理的な表現力などが身につくように指導します。特に、博士後期課程への進学希望者には、最新かつ国際的な研究環境を提供し、産業やアカデミアの研究ポジションが得られるように育成します。研究室のコアタイムは基本的には1時間の休憩を除いた9時から17時です。このため効率的、効果的、スピーディに作業をしなければいけません。メリハリをもって研究も余暇もエンジョイしましょう。

[研究室HP] URL : <https://e-miyakolab.amebaownd.com/>



表面増強分光法を駆使して ナノの世界に挑む

研究を始めるのに必要な知識・能力

「とにかく研究が好き!」「とにかく実験が好き!」「大発見したい!」「大発明で世の中を良くしたい!」この中から最低一つ、まさに自分に当てはまると思えること。これが当研究室で研究を始めるにあたって必要な能力です。実現に必要な知識や、技術の修得の仕方は教えます。大きな野望を持つ学生さんも大歓迎です。

この研究で身につく能力

新しいなにかを、自らの手で切り開く力です。これは世の中のあらゆる場面で役立ちますが、教えられる機会はさほど多くありません。新しいなにかを自らの手で切り開くには、現在を正しく知る感度の高いアンテナ、適切な問題意識と問題解決能力、プレゼンテーション能力、コミュニケーション能力、文章執筆能力を含む高い言語能力、加えて資金や周囲の賛同を得る人間力、これら全てが求められます。これらの全てが、研究を遂行する中で身につくようにバックアップします。また、修了後・在学中の留学や、ベンチャー企業の実験も支援します。

【就職先企業・職種】化学系企業、起業等

研究内容

ナノメートルオーダーの世界では、いったい何が起きているのか。これを知る手がかりになるのが、表面増強分光法です。分光法では一般に、物質にレーザー光などの光を照射しその吸収・反射・散乱光を細かく分析することで、その物質が何でできているのか、あるいは化学的にどんな状態にあるのかを知ることができます。表面増強分光法とは、この吸収・反射・散乱光の強度を銀・金などの自由電子リッチな金属から成るナノ構造体表面を用いて飛躍的に増大させる方法のことで、ナノメートルオーダーの大変小さなスケールで物質の状態を測定することができます。また測定条件を工夫すると、最大で1分子の感度をも達成することができるため、研究・産業応用の両面から大きな期待が寄せられています。

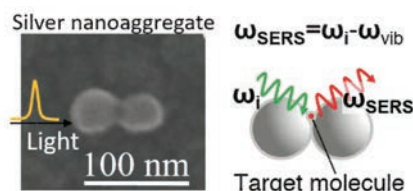


図. 表面増強ラマン散乱法測定の概略図

当研究室では「表面増強分光法」の中でも、分子の振動準位に関する情報を得やすい「表面増強ラマン分光法」を柱とし、基礎研究・応用研究の両面から研究を推進していきます。現在の主な研究トピックは以下の通りです。

1. 表面増強ラマン散乱法を用いた触媒表面化学反応の解析

近年、金や銀など可視光域に強いプラズモン共鳴を持つ金属から成るナノ構造体が、次世代の不均一系光触媒材料として非常に有望視されています。従来よく知られた不均一系光触媒には例えば、本多-藤嶋効果として有名な半導体である酸化チタン(TiO₂)が挙げられますが、同効果をもたらすには紫外光の高いエネルギーが必要でした。一方2010年代初頭に見つかった不均一系光触媒では、従来紫外光のエネルギーが必要と考えられてきた水の分解(2H₂O → 2H₂ + O₂)や水素分子の解離(H₂ → H⁺ + H⁻)などの化学反応が可視光の低いエ

ネルギーで実現されており、これまで知られていなかった新しい現象として世界的に研究が進められています。本研究室では特にプラズモン共鳴を持つ金属ナノ粒子表面に可視光を照射すると起きる光化学反応に焦点を絞り、反応メカニズムの研究を進めています。

2. 表面増強ラマン散乱の次を見据えて

1970年代に表面増強ラマン散乱効果が発見されてから、およそ50年が経過しようとしています。表面増強ラマン散乱現象のメカニズムについてはかなり深い理解が進みつつありますが、一方で未だに謎として残っている領域があります。本研究室ではこれらの謎に焦点を当て、表面増強ラマン散乱現象の最先端領域を探ると同時に、表面増強ラマン散乱の次に見えてくる新しい物理化学現象の発見およびメカニズムの理解を順次進めています。

参考文献・これまでの研究業績に関する論文を見てみたい方はお気軽に指導教員までメール(yamayu@jaist.ac.jp)または指導教員室までお立ちください。論文の別刷(論文のコピーのこと)を差し上げます。

主な研究業績

1. 山本裕子, “プラズモン増強ラマン分光の基礎 - なぜプラズモンでラマン光が増強するのか、どのくらい増強するのか -”, *光学*, 64, 46(12) 483-487, 2017/12.
2. 山本裕子、伊藤民武、尾崎幸洋, “プラズモン増強分光法の新展開 - 強い電磁増強場で見てきたフェルミ黄金律の破綻”, *月刊「化学」*, 70, 68-69, 2015/03
3. Yuko S. Yamamoto*, Tamitake Itoh*, “Why and how do the shapes of surface-enhanced Raman scattering spectra change? Recent progress from mechanistic studies”, *J. Raman Spectrosc.*, 47, 78-88, 2016/01

使用装置

表面増強ラマン顕微鏡(自作)
密度汎関数(DFT)計算装置

研究室の指導方針

[研究室HP] URL: 準備中

より良い基礎研究を行うためにはどのような環境が適しているのかを、個人的にずっと研究してきました。その結果、自由闊達な研究環境こそが、より良い基礎研究の発展に最適なのではないかと考えています。そのため当研究室では基本的に、コアタイムの設定は行いません。研究室内のメンバーとの情報交換・互いの進捗の確認は、週一回の全体ミーティングおよび輪講セミナーにて行います。そのため、自律的にしっかりと研究生活を組み立てられるタイプの学生の方に適した環境です。

自らの研究成果を世に発信するため、年1回程度の学会発表を推奨しております。研究テーマの設定は、指導教員が提示する研究テーマを軸に、個々の学生さんの興味範囲・方向性を取り入れた最大限希望に添う形で行います。基本的に、研究成果を国際論文(英語)という形で世に広く発表することを目指していきます。プロの研究者を志望する方にお勧めです。

もちろん、指導教員による個別指導を随時行います。指導教員の持つ知識や経験をどんどん活用してください。

応 用 物 理 学 領 域

ナノサイエンス・ナノテクノロジーを探究・駆使し、
応用物理学・工学的アプローチで未来を拓く

■ 領域の概要

応用物理学の智と技を究めて、原子・分子の科学を基礎とするナノテクノロジーを発展させます。ユビキタスデバイス、量子デバイス、マイクロ・ナノマシン、原子・分子マニピュレーターなどの将来の社会基盤を支える技術の実現に向けて未踏分野に挑みます。応用物理学・工学を柱とした革新技術を活用して環境・エネルギー問題を解決し、安心安全な社会の実現、人類社会の持続的繁栄に貢献します。次世代を担う若者に対して確かな物理的思考力を鍛えて卓越性を磨く場を提供し、問題の根本を看破して行動する習慣を身につけ、他領域をもシームレスに闊歩する科学者・技術者を育成します。

■ キーワード

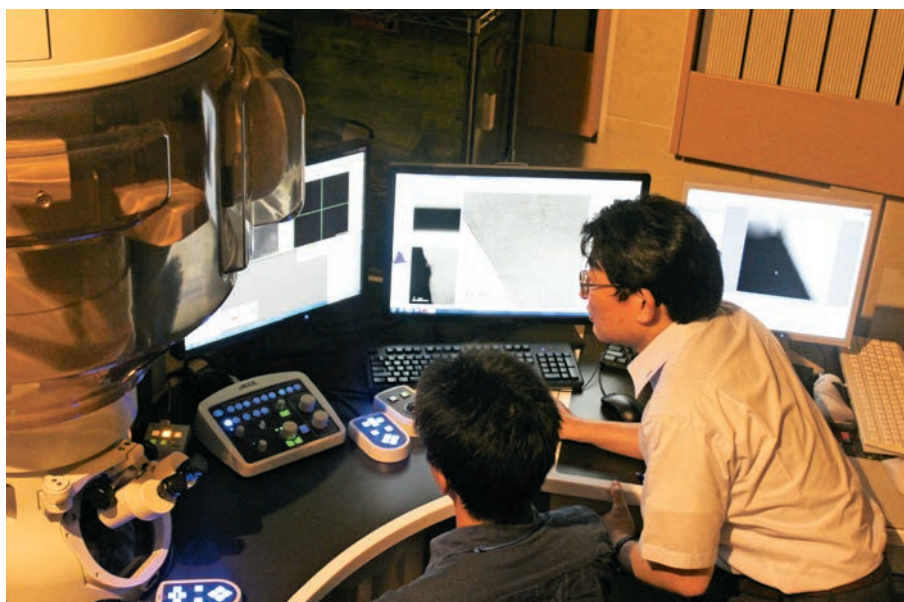
ナノ材料、ナノデバイス、ナノイメージング・計測、微細加工、有機／無機材料ハイブリッド、電子・スピン・光工学

■ 教育研究の方針

物理学を基礎に、ナノ材料・デバイス・計測技術の最先端科学技術を活用した応用物理学的アプローチで、次世代ナノテクノロジーの開拓研究を進めます。そのナノテクの最先端科学技術を背景に、ここに参集する若者達に、確かな物理的思考力を鍛え、高度なスキルを身につけるための勉学と研究の場を提供します。自然界の現象を原理的・帰納的に理解することで進化してきた物理学の骨格は強靱です。それを学び、未来を描くことは、まさしく「巨人の肩に立つ」と言えます。また、物理学に根ざした応用物理学領域の研究対象は広く、かつ開放的です。私たちは、若者達が応用物理学を究めつつ、培った卓越性に基づいて他領域をもシームレスに闊歩しグローバルに躍動できるように、その育成に努めます。そして、先人達の叡智を借りつつ、次世代を担う若者達とともに、人類・社会の課題解決と夢の実現を目指します。

■ 就職実績

アズビル(株)、(株)アルバック、(株)荏原製作所、(株)GSユアサ、コニカミノルタ(株)、サンディスク(株)、シーメンス・ジャパン(株)、(株)JOLED、シャープ(株)、スタンレー電気(株)、セイコーインスツル・セミコンダクタ(株)、大日本印刷(株)、TDK(株)、東京エレクトロン(株)、日鉄テクノロジー(株)、日東電工(株)、日本特殊陶業(株)、パナソニック(株)、浜松ホトニクス(株)、(株)日立製作所、マイクロメモリジャパン(株)、三菱電機(株)、三菱マテリアル(株)、(株)村田製作所、ルネサスエレクトロニクス(株)、YKK(株) 等



先端科学技術の粋を集め、叡智を繋ぐ
— 原子分解能を持つ走査透過電子顕微鏡（STEM）で挑む未踏のナノ物質世界 —



透過型電子顕微鏡を駆使した未知なる表面ナノ物質の探索

研究を始めるのに必要な知識・能力

ナノスケールの世界で原子がどのように並び、どのような電気力学的特性を示すかを直接見る研究です。実験を成功させるには、「あきらめない」という強い気持ちが必要です。なお、数学や物理の基本を理解していることが望まれます。

この研究で身につく能力

基礎として、実空間と逆空間がどのようなものであるかを具体的に理解でき、その知識を利用して様々な材料の基本的な特徴を把握できるようになります。技術として、透過型電子顕微鏡、および、真空装置を操作できるようになるため、特に、材料分析評価などの仕事に携わる場合は役立ちます。また、毎週行う勉強会や論文紹介を通じ、科学的に考える力、英語力、プレゼンテーション能力、コミュニケーション能力が鍛えられます。

【就職先企業・職種】電気メーカー、材料メーカー、材料などの分析会社、大学などの技術職員、工業試験場など

研究内容

ナノ物質の探索は、大きな関心が寄せられているものの、その手段に限られているためまだまだ未開の分野です。透過型電子顕微鏡は、「カーボンナノチューブの発見」のようにナノ物質を探索する上で極めて強力な手段です。本研究室では、世界的にも稀な超高真空電子顕微鏡にプローブ顕微鏡など計測装置を組み合わせる手法を独自に開発し、未知なるナノ物質の構造・物性を明らかにしています。

1. 3次元的にナノ物質を探索する

近年、収差補正装置が開発され、透過型電子顕微鏡の空間分解能は格段に向上しています（加速電圧200kVで70pmに達している）。この装置を利用し、これまで不可能であったリチウム原子の可視化に成功しました（図1参照）。また、深さ方向の分解能（焦点深度）が向上したため、シリコン結晶中ドーパント原子の検出にも成功しています。

現在、ナノ物質の原子配列を3次元的に探索する手法を開発することで、未知なるナノ物質の探索に挑戦します。

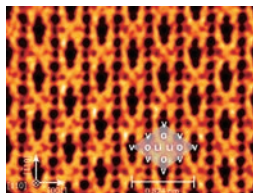


図1. パナジウム酸リチウム結晶を[110]方位から観察した環状明視野像

2. 電気化学反応を探索する

リチウムイオン電池など固液界面における電気化学反応をナノスケールから原子スケールで可視化する手法を確立し（図2参照）、リチウムイオン電池などの高効率化に寄与する研究に挑戦します。

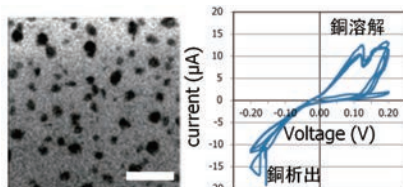


図2. 金表面上銅アイランドが電着した様子のTEM像と同時に計測した電気化学反応のグラフ

3. ナノ接点を探索する

我々は、STMを透過型電子顕微鏡に組み込んだ装置を開発し、金ナノ接点の原子配列とその電気伝導の関係を調べました。その結果、接点の結晶方位に依存した電気伝導の振る舞いや接点を構成する原子列の数に応じた量子化が起きることを見つけました（図3参照）。

現在、ナノ接点の力学的特性を明らかにするため、透過型電子顕微鏡に組み込む原子間力顕微鏡の開発に挑戦しています。

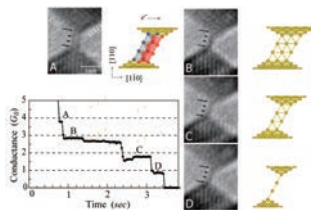


図3. 破断直前の金ナノ接点構造とコンダクタンス変化

主な研究業績

1. Y. Oshima, A. Onga and K. Takayanagi, "Helical gold nanotube synthesized at 150K", Phys. Rev. Lett. 91 (2003) 205503.
2. Y. Oshima, H. Sawada et al., "Direct imaging of lithium atoms in LiV2O4 by spherical aberration-corrected electron microscopy", J. Electron Microscopy 59 (2010) 457.
3. Y. Oshima, et al., "Development of an electrochemical cell for in situ transmission electron microscopy observation", Microscopy 63 (2014) 481.

使用装置

超高真空透過型電子顕微鏡
小型プローブ顕微鏡ホルダー
冷却ホルダー

研究室の指導方針

[研究室HP] URL: <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/oshima-lab/>

本研究室では、基礎理論を正しく理解し、それを用いて実験結果を解析し、考察・結論をまとめて発表するまでを指導することで、各院生が研究者として一人前に活動できるようになることを目指します。具体的には、毎週行う勉強会で、基礎となる電子線回折理論(実空間、逆空間、回折、干渉などの概念)と一緒に勉強し、論文紹介で、お互いに興味を持った論文を紹介します。研究については、透過型電子顕微鏡を核として展開するため、少なくとも透過型電子顕微鏡の操作に慣れるようにトレーニングします。このような活動から、科学的に考える力、英語力、プレゼンテーション能力、コミュニケーション能力などを鍛えることも目指します。



エレクトロニクスの機能的多様化を目指す 化合物半導体デバイス技術

研究を始めるのに必要な知識・能力

必要な知識・能力ということではありませんが、ものごとの本質を理解したいという意欲、数学や物理学の基礎力とそれを支える論理性は、研究を進める際に重要であると考えています。

この研究で身につく能力

化合物半導体電子デバイスの作製技術および測定解析技術を身につけながら、デバイス内の電子の挙動を物理的に考察して理解することができると思います。こうした能力は、将来エレクトロニクスの広い分野で活躍するための素地となると考えています。また、産学連携を通じて産業界の問題意識を感じてもらいたいことも期待しています。さらに、日本語および英語によるプレゼンテーション能力の向上も目指します。

【就職先企業・職種】総合電機、半導体・電子部品、半導体製造装置、通信機器、輸送機器、自動車

研究内容

<エレクトロニクスの機能的多様化に向けて>

現在のデジタルエレクトロニクスの主役であるSiデバイスは、微細化による性能向上を続けてきました。しかし、こうした「More Moore」の軸に沿った進歩の限界が意識されるようになってきました。今後のエレクトロニクスの発展のためには、「More than Moore」の視点に基づく機能的多様化が必要であり、それに向けて重要な役割を果たすのが化合物半導体デバイスです。

<化合物半導体とは？>

III-V 族を中心とした化合物半導体は多彩な材料系であり、これまでもSiでは不可能な様々な機能を有するデバイスに活用されてきました。特に、高い電子移動度と高い電子飽和速度を有する化合物半導体は高速電子デバイス応用に、また、直接遷移型の化合物半導体は光デバイス応用に好適であるため、化合物半導体を用いたデバイスは、高速アナログ・ミックスドシグナルエレクトロニクス、光エレクトロニクス分野で利用されてきました。これまで、GaAs 基板上格子整合材料が化合物半導体の第一世代として、InP 基板上格子整合材料が第二世代として大きな役割を果たしてきましたが、今後は、高In組成InGaAs、InAs、Sb系材料などのナローギャップ化合物半導体と、GaN、AlNなどのワイドギャップ化合物半導体の重要性が高まると考えられます。これらナローギャップ半導体は中赤外光に対応するエネルギーギャップを、ワイドギャップ半導体は紫外光に対応するエネルギーギャップを有しており、それぞれの波長域における光デバイス応用に重要です。また、電子有効質量は概ねエネルギーギャップと比例関係にあり、ナローギャップ化合物半導体は小さい電子有効質量を有しています。電子有効質量が小さければ、高い電子移動度と高い電子飽和速度が得易いため、ナローギャップ半導体は超高速デバイス応用に有用です。ただし、高耐圧化に適したワイドギャップ半導体に対し、ナローギャップ半導体の耐圧は低く、十分なパワー性能を得ることが困難です。一方、GaNは電子有効質量が大きく、この点ではデバイス高速化に有利ではないように思われますが、大きい光学フォノンエネルギーと特有のバンド構造により、電子移動度こそ低いものの、高い電子飽和速度を有しているため、高速性能とパワー性能を併せ持ったデバイスへの応用が期待されます。

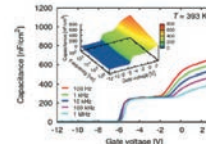
<本研究室の取り組み>

こうした特長を有する化合物半導体を適材適所にデバイス応用することは、エレクトロニクスの機能的多様化に向けて極めて重要です。さらに、化合物半導体と異種材料を融合集積する技術によって、より高度な機能的多様化の可能性も期待できます。こうした背景のもと、本研究室では、ナローギャップ/ワイドギャップ化合物半導体エレクトロニクスの研究に取り組んでいます。次世代の超高速デバイスや省エネルギーデバイスを目指し、ナロー/ワイドギャップ化

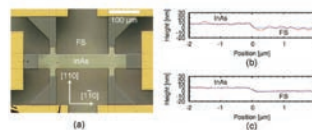
物半導体デバイス技術とそれらの異種材料融合技術の研究を進めながら、デバイス動作を深く理解するためのデバイス計測技術も開拓しています。



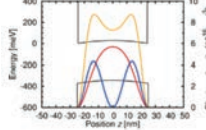
化合物半導体高速トランジスタ



デバイスの周波数応答特性



異種材料基板上化合物半導体デバイス 異種材料閉じ込めによる二次元電子状態



主な研究業績

1. Interface charge engineering in AlTiO/AlGaN/GaN metal-insulator-semiconductor devices, D. D. Nguyen and T. Suzuki, J. Appl. Phys. 127, 094501 (2020).
2. Suppression of drain-induced barrier lowering by double-recess overlapped gate structure in normally-off AlGaN-GaN MOSFETs, T. Sato, K. Uryu, J. Okayasu, M. Kimishima, and T. Suzuki, Appl. Phys. Lett. 113, 063505 (2018).
3. Insulator-semiconductor interface fixed charges in AlGaN/GaN metal-insulator-semiconductor devices with Al₂O₃ or AlTiO gate dielectrics, S. P. Le, D. D. Nguyen, and T. Suzuki, J. Appl. Phys. 123, 034504 (2018).

使用装置

分子線エピタキシー装置
電子線・紫外線リソグラフィー装置
パラメータアナライザ
ネットワークアナライザ
ダイナミックシグナルアナライザ

研究室の指導方針

【研究室HP】URL: <http://www.jaist.ac.jp/nmcenter/labs/suzuki-www/>

- ・理学の心で工学を。ものごとの本質を理解することを大切にします。
- ・少しづつであっても、自分でよく考え、納得しながら前進することが重要であると考えています。
- ・学生と教員がよき共同研究者となり、お互いに成長することを目指します。
- ・毎週行う研究報告会・日本語輪講・英語輪講を通じ、エレクトロニクス分野で活躍するための基礎を固めます。



表面・界面の理解に基づいた ナノマテリアル開発

研究を始めるのに必要な知識・能力

我々の研究室で行っている研究に向いているのは、ナノマテリアルの表面や界面で原子が並んでいる様子を見たい、という好奇心が強く、とにかく実験するのが好き、という方です。

この研究で身につく能力

最先端の装置、しかも世界に一台しかないような特殊な装置、を自分で操作して一定の期間内に成果を出すことを要求されますので、自ずとそのような装置の操作に必要な慎重さと大胆さが養われます。また、数多くの実験をこなすことで、効率的な実験計画の立て方が身につくと同時に、装置の不具合などで実験が思い通りに進まない、といった経験から、想定外の事態に対応する能力も養われます。実験で得られた結果などについて自分でまとめ、考え、理解・学習する能力だけではなく、先輩や教員と一緒に議論することによって、説明する力、論理的に考える力が養われます。

【就職先企業・職種】 エンジニア職、研究職

研究内容

現代の産業の基幹を支える薄膜材料の高品質化には、薄膜－基板界面の高度な制御が欠かせません。特に超薄膜やナノ構造体を対象としたナノマテリアル研究では、表面・界面が全体に占める割合が高くなり、表面・界面構造が成長や機能発現に果たす役割が重要となってきます。本研究室では、新奇ナノマテリアル創製には表面・界面の理解と高度な制御が必要であるとの認識から、表面・界面構造の詳細な分析とその制御に基づいたナノマテリアル開発を目指します。新奇ナノマテリアル開発には、薄膜及びナノ構造成長表面のその場観察と異種材料界面構造の詳細な分析から得られる知見を、有効に成長過程に還元することが重要になるとの考えから、本研究室では不純物混入の少ない超高真空における薄膜成長に取り組み、その生成・成長プロセスの理解のための光や電子等のプローブと検出装置を成長装置に導入し、成長過程のその場観察を可能とする装置を使用します。このユニークな装置を用いた薄膜成長とその場観察、界面構造の分析結果から、表面・界面の制御を可能とした上で、新たな異種マテリアルの組み合わせ成長を実現し、薄膜やナノ構造の成長から多層膜や多層ナノ構造体へと発展させていきたいと思っています。

【研究テーマ1】

ワイドギャップ半導体である窒化ガリウムとの格子整合性に優れる二ホウ化物薄膜のエピタキシャル成長

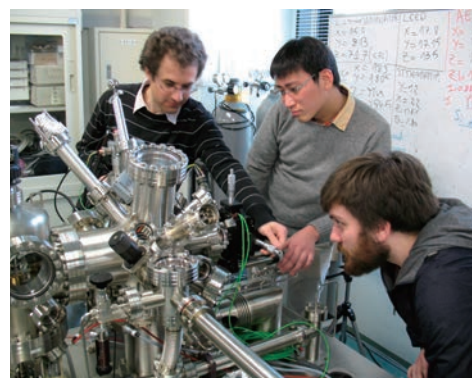
二ホウ化ジルコニウム薄膜は、安価で大面積、高品質だけれども格子整合性に問題のある基板材料の上に成長させれば、窒化ガリウムの成長の際の導電性バッファ層として、また窒化ガリウムの上に成長させれば、良好で安定した界面が期待できる耐熱性に優れた電極として魅力的です。

【研究テーマ2】

原子層厚みの究極のナノマテリアル、ケイ素版グラフェン「シリセン」の研究

シリコンウェハー上にエピタキシャル成長させた二ホウ化物薄膜表面を光電子分光を専門とする研究室と第一原理計算を専門とす

る研究室と共同で詳細に調べている過程で思いがけず発見することができました。この成果を発表したところ、大きな注目を集め、国内・海外の大学や研究機関との共同研究に発展しています。



研究室での実験風景

主な研究業績

- 2次元材料の電子状態解析－シリセン研究における実験と計算の協奏 高村(山田)由起子、尾崎泰助 応用物理 第86巻 488-492(2017)
- シリセン：ケイ素で出来たグラフェン？ 高村(山田)由起子、アントワヌ・フロランス、ライナー・フリードライン、尾崎泰助 日本物理学会誌 第68巻 305-308(2013)
- シリセン－ π 電子を有するモノレイヤーケイ素シートの化学ライナー・フリードライン、高村(山田)由起子 化学と工業 第66巻 900-902(2013)

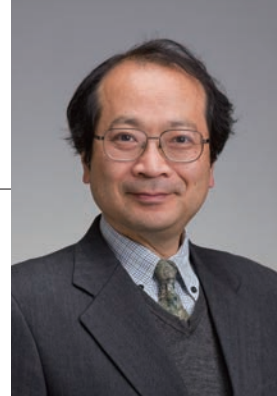
使用装置

超高真空走査プローブ顕微鏡
超高真空薄膜成長装置
薄膜材料結晶性解析 X線回折装置
X線光電子分光装置
国内外の放射光施設

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/yukikoyt/groupHP/Home.html>

我々の研究室では、迷ったらどんどん手を動かして、実験してみることを学生さんに勧めています。実際にその実験に従事している学生さんにしか思いつかない、新しいアイデアというのが必ずあります。アイデアとやる気とスキルがあったら、まずはとことん実験してみましょう。教員と先輩ができる限りのサポートをいたします。



材料の特性を活かした 新しい電子デバイスを創ってみよう

研究を始めるのに必要な知識・能力

実験が好きで、何か新しいものを作ってみたいと思う知的好奇心とチャレンジ精神。今何が起きているのか、何を作っているのか、何を測定しているのかを考えることのできる論理的思考力。物理・化学の基礎的な知識。

この研究で身につく能力

当研究室では、「酸化物半導体や強誘電体などの機能性材料を駆使して、従来よりも高機能・高性能な電子デバイス、または従来にはない新しい電子デバイスを創成すること」を目指して研究を進めています。例えば強誘電体をゲート絶縁膜に用いれば不揮発性のメモリ機能を持つトランジスタが実現できます。と同時に、強誘電体の大きな電荷制御能力を用いれば、伝導性の酸化物などもチャネルとして利用することができるようになります。このように材料の特徴とデバイスの動作原理をリンクさせて考えると、新しいデバイスが生まれると思います。本研究室では、文献による事前調査から、機能性材料薄膜の作製プロセスと評価技術、電子デバイスの動作原理、作製プロセス、評価技術を学び、材料やデバイス研究の進め方を身につけていただきたいと思います。

【就職先企業・職種】 エレクトロニクス及び材料関連企業の製造、開発、研究職

研究内容

本研究室では、機能性材料を用いて新しい電子デバイスを創成することを目指して、酸化物やカルコゲナイド材料を用いた薄膜トランジスタと不揮発性メモリの研究を行っています。材料の物理的性質の理解と人工的物性制御といった材料研究から、実際に素子を試作して動作検証するデバイス研究(または簡単な集積回路作製)、さらに低環境負荷の新しいデバイス作製プロセスの研究を行っています。

1. 大電荷制御電界効果型トランジスタ

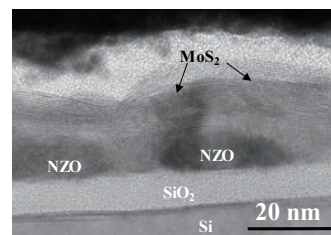
強誘電体の P-E 特性を見ると、強誘電体は不揮発性メモリ機能の他に、低電界において巨大な電荷量を誘起できることに気づかれます。シリコン MOSFET のゲート絶縁膜に用いられる SiO_2 では、絶縁破壊電界(10MV/cm)印加時に誘起される電荷量は $3.5\mu\text{C}/\text{cm}^2$ であるのに対し、強誘電体では、0.5MV/cm 程度の低電界の印加で $50\mu\text{C}/\text{cm}^2$ もの電荷量を誘起可能です。本研究室では、この強誘電体の巨大電荷制御能力を利用して導電性チャネルを制御する新しいコンセプトのトランジスタを提唱しています。現在までに、透明導電膜のインジウム・スズ酸化物(ITO)をチャネルに用いた薄膜トランジスタ、透明な不揮発性メモリ素子や、有機強誘電体材料である P(VDF/TrFE) と無機材料のアモルファス酸化物半導体(In-Ga-Zn-O)を組み合わせたフレキシブルな不揮発性メモリ素子を実現しました。

2. 溶液プロセスによる酸化物デバイス

シリコン集積回路は、トランジスタの微細化により高速化、高集積化が進み、高度な発展を遂げました。しかし、作製にはリソグラフィー装置、薄膜堆積装置、エッチング装置など高価な大型装置を必要としています。本研究室では、従来のデバイス作製プロセスとは全く異なる溶液プロセスに着目しています。溶液プロセスは低コスト、低エネルギーの薄膜堆積手法ですが、加えてナノインプリントという手法を併用すれば、従来のリソグラフィー技術を用いることなく微細パターンの形成が可能です。本研究室では、溶液原料から形成した ITO ゲル膜を直接ナノインプリント法でパターン形成し、チャネルとソース/ドレインを一括形成する新しい作製プロセスを開発しています。これが実現すれば従来のリソグラフィー技術を用いずに ITO チャネルの薄膜トランジスタと ITO 局所配線が同時に形成できるため、低コスト化に大きく寄与します。

3. 遷移金属カルコゲナイド材料を用いた薄膜トランジスタ

酸化物半導体の移動度は約 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ と小さく、より大きな移動度を持つ材料の利用が期待されています。 MoS_2 等の遷移金属カルコゲナイド材料はグラフェンと類似した2次元の結晶構造と適度なバンドギャップを持ち、電子移動度が一般的な酸化物半導体の約50倍と大きいために、トランジスタ応用が特に期待されている材料です。本研究室では、 MoS_2 を溶液プロセスにより高誘電率ゲート絶縁膜上に直接成膜し、薄膜トランジスタを実現することに成功しました。今後は WS_2 など他材料系へも溶液プロセスを展開していきます。



溶液プロセスで Nb-Zr-O (NZO) 上に形成した MoS_2 の透過型電子顕微鏡写真

主な研究業績

- Ken-ichi Haga, Yuusuke Kamiya, and Eisuke Tokumitsu, "Direct imprinting of indium-tin-oxide precursor gel and simultaneous formation of channel and source/drain in thin film transistor", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.57, 02CB14 (2018).
- Joonam Kim, Koichi Higashimine, Ken-ichi Haga, and Eisuke Tokumitsu, "Fabrication of MoS_2 thin films on oxide-dielectric-covered substrates by chemical solution process", Phys. Status Solidi B, Vol.254, 1600536 (2017).
- Ken-ichi Haga, Yuuki Nakada, Dan Ricinchi, and Eisuke Tokumitsu, "Relationship between source/drain-contact structures and switching characteristics in oxide-channel ferroelectric-gate Thin-Film Transistors", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.53, 09PA07 (2014).

使用装置

高速アニール装置
スパッタ装置
インプリント装置

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL: <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/tokumitsu/>

当研究室では、新しい電子デバイスを創成するために、機能性材料の「気持ち」を知り、適切にデバイスに使ってあげたいと思っています。そのためには、物理・化学の基礎知識とともに、材料物性とデバイスの基礎的な動作原理を理解した上で、柔軟な発想、斬新なアイデア、思い切った決断が必要です。本研究室では、薄膜やデバイスの作製実験を通じて、これらの要素と一緒に考えていきたいと思っています。修了までに自分のアイデアを活かした新しいデバイスを是非提案してください。



原子・分子を、見て、測って、操作する ナノスケール科学技術の開拓

研究を始めるのに必要な知識・能力

科学技術や、自然現象に対する旺盛な好奇心。それを実験・研究を通して体感し、体系づけて捉えようとする姿勢。論理的表現力や主体的にものを考える習慣。物理学の基礎、さらには、化学、工学、電気回路、機械加工技術、メカトロニクス技術、真空技術などがあれば鬼に金棒。

この研究で身につく能力

原子・分子の概念に基づく、自然現象や科学技術に対する深い洞察力。科学リテラシー。ナノサイエンス、ナノテクノロジー、固体物理学、表面科学の基礎と応用力。半導体、酸化物、分子などの材料科学の知識。ナノスケールのイメージング技術、計測技術など、物性物理実験技術。薄膜、ナノ構造作製技術。さらには、機器分析技術、機器設計・製作および修理技術、電気回路技術、機械・ナノスケール加工技術、メカトロニクス技術、超高真空技術、電子・イオンビーム技術など。

【就職先企業・職種】 製造業、材料関連、分析、機器開発、情報関連

研究内容

「顕微鏡法・分光法の研究開発、それに基づく固体表面構造と電子状態のナノスケール観察・解析により、先鋭的テクノロジーを生み出すナノマテリアルの創製へ」

■ 目で見えない世界を可視化する Tip Science (ナノプローブ科学)の開拓 (高分解能・高機能顕微鏡法の開発)

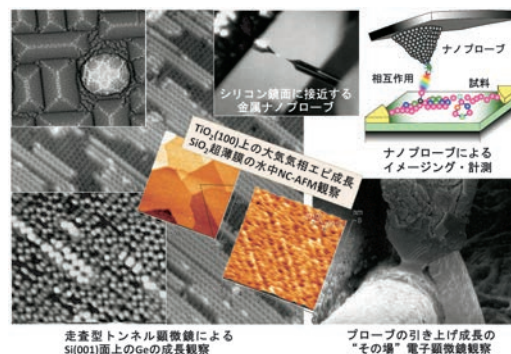
超高真空中(10^{-11} Torr)や、ガス雰囲気、水中で稼働する走査型プローブ顕微鏡(SPM、(走査型トンネル顕微鏡: STM、原子間力顕微鏡: AFM))などの「原子スケールで鋭利な針(探針: プローブ)を利用する表面顕微鏡法」を中心として、装置・手法を新たに模索・開発します。それらを活用して、固体表面の構造や電子状態を原子スケールで解析します。また、量子力学的トンネル現象である電界電子放射現象などを利用して、針状試料先端の原子配列、組成やその電子状態を調べ、SPMのプローブ開発に資するとともに、その特性を利用した表面解析法を開発し、電子トンネル・波動性による現象の理解を深めます。

■ ナノスケールでの半導体、金属、酸化物表面、分子吸着表面の創製、原子スケール解析、量子効果の電子分光学的解析

特異な結晶構造・ヘテロ構造に基づくナノ構造の創製をめざします。SPMや他の高分解能顕微鏡法を利用して、それらの表面や成長の様子を原子スケールで観察し、あわせて電子状態を解析します。水をはじめとした分子と固体表面の相互作用、ナノスケールの接合形成、酸化物薄膜成長の新奇手法の開発を進めます。電界電子放射による局所電子励起、ナノプローブ法による力学的励起や光励起と表面顕微分光法を複合化して活用し、表面・界面で発現する原子・分子の移動や反応、電荷移動現象などの魅惑的な物性を探究します。

■ 個々の原子・分子を対象とした科学技術「ナノ力学」を構築

絶縁体材料にも適応でき、原子分解能を有する非接触原子間力顕微鏡(noncontact (nc)-AFM)を活用して、プローブ先端原子と試料原子や分子との間に働く微弱な力を計測・制御する技術(ナノプローブテクノロジー)を土台に、原子や分子をナノ力学に基づいてイメージング・計測・操作・組み立てる研究分野(原子・分子のナノ力学)を開拓します。この手法によって、個々の原子・分子の表面反応を発現させ、その相互作用力を解析し、「次世代の原子・分子の科学技術」を構築します。



主な研究業績

1. T. Nishimura, A. Sasahara, H. Murata, T. Arai and M. Tomitori: “Thermal transformation of 4,4'-diamino-*p*-terphenyl on a Si(111)-7×7 surface analyzed by X-ray photoemission spectroscopy and scanning tunneling microscopy”, J. Phys. Chem. C 118 (2014) 25104-25109.
2. A. Sasahara, Chi Lun Pang and M. Tomitori: “Atomic scale analysis of ultrathin SiO₂ films prepared on TiO₂(100) surfaces”, J. Phys. Chem. C 114 (2010) 20189-20194.
3. T. Arai and M. Tomitori: “A Si nanopillar grown on a Si tip by atomic force microscopy in ultrahigh vacuum for a high-quality scanning probe”, Appl. Phys. Lett. 86 (2005) 073110 (3 pages).

使用装置

超高真空走査型トンネル顕微鏡
超高真空非接触原子間力顕微鏡
雰囲気制御非接触原子間力顕微鏡
液中非接触原子間力顕微鏡
走査型オージェ電子分光顕微鏡

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/kkk/Tlab/Tlab_home-j.html

科学的基礎学力や専門力はもちろん、科学技術を背景にしたコミュニケーション力が大切です。異なる分野の人に自分の研究の意味を分かりやすく話す力、相手の話す内容を真摯に聞き、自分の理解を自分の言葉で相手に伝える力。これが、創造的仕事をする上で必要で、自分と社会の接点を捉える助けとなり、夢の実現に繋がります。また、大学は学問をするところ。学問は、言うなれば過去の偉人達とのコミュニケーションです。彼らが何を考え、困難をどう突破してきたかに思いを馳せながら勉強することは、時間を超越したコミュニケーションです。



自分の考えを取り入れた省エネ技術で、 電子材料薄膜・デバイスを作製してみよう

研究を始めるのに必要な知識・能力

電子材料・電子デバイスの研究には、物理を問わず、あらゆる分野の知識が必要とされますが、研究を始めるには、必ずしも深いものは必要ありません。そのため、高校レベル程度の基本的な物理、数学、化学の知識があれば十分で、さらに深く考えることが好きならば、最高です。

この研究で身につく能力

社会に貢献できる開発・研究には、長く考えることができる粘り強い頭と地道に努力できるタフな心が必要とされています。本研究室では、電子材料薄膜の省エネ・低温作製に関する研究を通して、薄膜材料の堆積・デバイス作製・膜質評価技術、固体電子物性(特に半導体分野)などの知識・技術の修得は勿論のこと、入学前に比べて見違えるように変わった自分自身を感じ取ることができます。さらに、結果として、研究を楽しむこと、目標を達成したことによる充実感・喜び、つまり研究通しての生きがいも分かるようになります。

【就職先企業・職種】電気系関連会社、材料製造装置(半導体装置)会社などの技術者、研究者

研究内容

電子機器・製品に用いられているトランジスタ(Tr)は、主に600~1000°Cの高温で作製されており、我々の日常生活からすると極めて高い温度です。本研究室では、Tr材料である半導体・シリコン(Si)と絶縁体・酸化Si(SiO_2)薄膜を、環境負荷の少ない200°C以下の低温で形成し、最終的に紙上へのTr作製を実現して、社会への省エネ、省資源化、環境保護に貢献したいと考えています。

1)結晶化誘発層とレーザーを用いた結晶化Si薄膜の低温作製

ガラスなどの安価な基板表面は、結晶情報がない非晶質のため、その上に低温で形成するSi薄膜は非晶質あるいは質の悪い多結晶となります。そこで、結晶性絶縁物YSZ(Yttria-Stabilized Zirconia)層を基板(主にガラス)表面にあらかじめ低温で形成し、そのYSZの結晶情報によりSi薄膜の結晶化をより低温で良好に誘発させることを検討しています。図1から、YSZ層界面からSi結晶が成長しており、YSZ層がSiの低温結晶化を促進していることが分かります。現在は、パルスレーザーを用いた室温作製を検討しています。

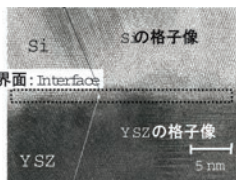


図1. 430°CでYSZ界面から低温結晶化したSi薄膜の断面TEM像。

2)シリコンオイルとオゾンガスとによる SiO_2 薄膜の低温作製

化粧水にも使われるシリコンオイルと環境負荷の無いオゾンを用いて、 SiO_2 薄膜を作製しています。窒素ガスのバブリングによりガス化したシリコンオイル蒸気とオゾン発生装置により得たオゾンとを200°C以下の低温で混合・反応させて作製します。図2に、Si基板上に200°Cで作製した酸化Si薄膜断面の走査型電子顕微鏡写真を示します。厚さ約100nmの平坦な酸化Si薄膜が形成されていることが分かります。現在、如何なる低温作製でも本質的な課題であり、膜中に多量に含まれかつ絶縁性を悪くする水分の除去法を捜しています。

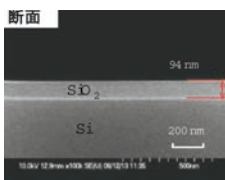


図2. シリコンオイルとオゾンガスとによるSi基板上に形成した SiO_2 薄膜の断面SEM像。

3)セルロースナノペーパー(CNP)上へのトランジスタ作製

図3に、CNPと通常の白紙との比較写真(左)と、その上に形成した薄膜Tr(TFT)の模式図(右)を示します。CNPは通常紙に比べて透明で、表面凹凸がnmレベルと平滑です。それは、紙の主成分である植物セルロース繊維の幅が、通常紙では μm オーダーですが、CNPは数十nm以下と極めて細いためです。この平滑な表面上に、厚さ数100nm以下のTr作製を試みています。セルロースは地球上全ての植物に含まれる無尽蔵な天然資源であり、Trは石の主成分であるSi、Oから出来

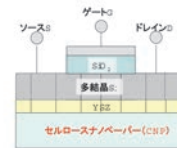


図3. (左)セルロースナノペーパー(CNP)と普通紙との比較(阪大 能木提供)。(右)CNPを基板とした薄膜トランジスタ(TFT)の模式図。

主な研究業績

1. S. Horita and P. Jain, Dependences of deposition rate and OH content on concentration of added trichloroethylene in low-temperature silicon oxide films deposited using silicone oil and ozone gas, Jpn. J. Appl. Phys., 57, 03DA02 1-7 (2018).
2. M. T. K. Lien and S. Horita, Material properties of pulsed-laser crystallized Si thin films grown on yttria-stabilized zirconia crystallization-induction layers by two-step irradiation method, Jpn. J. Appl. Phys., 55, 03CB02 1-8 (2016).
3. S. Horita and B. N. Q. Trinh, Disturb-Free Writing Operation for Ferroelectric Gate Field-Effect Transistor Memories with Intermediate Electrodes, IEEE Trans. Electron Devices, 56, 3090-3096 (2009).

使用装置

Nd:YAG レーザー
イオン注入装置
X線回折装置
X線光電子分光装置
ラマン分光装置

研究室の指導方針

【研究室HP】URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/handoutai/horita-lab/horita.html>

将来、社会の荒波を泳いで渡れる実力と気持ちを持った人材の育成を考えています。初めの半年ほどは、授業の聴講と共に、1週間に1回、研究に関する演習と英文物理系教科書の読み込みを行い、研究に必要な基礎的知識の修得を目指します。次に、研究テーマに関係した学術雑誌(英文)の紹介と共に、2年時には1週間に1回、自らの手で得た実験データを報告してもらい、そこに潜む深い物理を議論します。さらに、2回の学会発表により、発表能力の向上に加え、自ら得たデータの客観的評価を受けて、本物の技術者、研究者への入口に泳ぎ着くことを目指します。



レーザーを用いた新しい顕微鏡で ミクロな世界の冒険をしよう

研究を始めるのに必要な知識・能力

物理的にものを考えることができる能力と、電磁気学についての一通りの知識、およびレーザーに関する知的興味。

この研究で身につく能力

まず第一に光学測定技術が身につきます。この技術には、レーザーを運転する能力、レーザー光を試料に集光し、微弱な応答光を検出する能力、および非線形光学的な解析を行う能力が含まれます。またその際に電気信号を処理することから、電気回路技術が身につきます。次に、表面の実験では超高真空装置を用いることから、真空技術が身につきます。研究した成果は国内あるいは国際会議で発表しますので、論文発表能力が身につきます。また、本研究室は留学生の比率が高いので、研究内容だけでなく日常的な活動も英語で行う能力が身につきます。グループミーティングでは、チェアマンを順番で勤めますので、集団をリードする能力が身につきます。

【就職先企業・職種】電気系メーカー、機械系メーカー、化学系メーカー、市役所技術職、国立大学法任教員

研究内容

私たちはレーザー光を用いた物質の観察法の開発をしています。物質中で2つの光子が融合して和のエネルギーを持つ1つの光子となるような現象を二次的非線形光学効果と言います。私達のグループでは、このような光学過程の観察を通して、固体の表面界面における特有の現象を観察、解明、応用することをめざしています。そして、独自の非線形光学現象観察装置を製作し、活性な物質の表面界面の性質やナノスケール構造物の非線形光学効果を探ったり、新しい物理現象や自然現象を見つける努力を続けています。以下に最近グループで興味を持っている研究テーマを示します。

1. 光第二高調波分光法による表面界面現象の解明

光の第二高調波分光法を進展させ、重要な表面現象の進行中に表面電子準位がどのように変化するかをその場で観察します。光触媒 TiO_2 界面、表面吸着系、半導体界面、液晶パネル界面の電子状態、ボンド配向の分布および秩序を探り、それらを現象論や第一原理計算を用いて厳密に解析する手法を確立します。

2. 表面でのみ実現される新物性の探求

表面に吸着した分子、膜、ナノ構造は、同じ物質のバルクと全く異なった物性を示します。例えば金属ナノワイヤのような物質で、この違いの起源を探究するとともに、この性質を利用した新機能物質の開発をします。

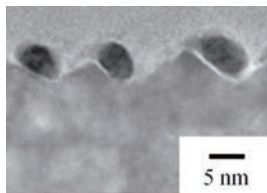


図1. MgO ファセット面上のPtナノワイヤの断面TEM像

3. 光第二高調波 / 光和周波顕微鏡の開発と応用

光の倍音や和周波の顕微鏡像を観察する装置を開発し、それを用いた興味ある系の観察をします。装置としては超高真空中の試料を時間空間分解能よく、しかも励起光波長を変化させて観察できるものをめざします。観察する系は、触媒表面、半導体表面、生きたままの生物体などであり、これらから興味深い物理現象を見出すことをめざします。



図2. 世界で唯一の超高真空光和周波顕微鏡

4. フェムト秒レーザー光による表面加工

10兆分の1秒という短い時間幅をもつレーザー光を用いた表面の加工は、最先端のデバイスの製作に貢献することが期待されるだけでなく、その微視的な機構の理解という点でも興味があります。実用的なデバイス加工を例にとり、そのような問題に取り組みます。

私は、「研究で冒険ができればいいな」という夢を持っています。グループのメンバーにも、それぞれ大きな夢を持って欲しいと思っています。

主な研究業績

1. K.T.T.Hien, M.A. Sattar, Y. Miyauchi, G. Mizutani and H.N. Rutt, "Sum frequency generation spectroscopy study of hydrogenated stepped Si(111) surfaces made by molecular hydrogen exposure", Surface Science 663, 663, 11, 4, 2017/09
2. Y. Ogata and G. Mizutani, "Absolute second order nonlinear susceptibility of Pt nanowire arrays on MgO faceted substrates with various cross-sectional shapes", Applied Physics Letters 103, 093107 (2013/08).
3. H. Takahashi, Y. Miyauchi, and G. Mizutani, "Selective observation of local carrier dynamics at step bunches on vicinal $\text{TiO}_2(110)$ by time-resolved pump-probe second harmonic generation method", Physical Review B86, 045447 (2012/07).

使用装置

Nd:YAG レーザー
光パラメトリック発振器
再生増幅フェムト秒レーザーシステム
共焦点光和周波顕微鏡
超高真空光和周波顕微鏡

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/mizutani/mizutani.html>

レーザー非線形光学を正しく理解し、それを実験的理論的に実践できる学生を育成することを目指しています。二次的非線形光学効果を用いた表面界面や生体物質の研究活動は、1) 光学的選択律の理解、2) 光学技術と試料調整技術の習得、3) 得られたデータの解析、という3つの階層をもちます。この3つの階層の実践をする力のある学生を育成します。また自分の研究テーマの何が面白いかを専門外の人に言えるように訓練します。研究室ゼミを週に一回行い、二ヶ月報告、教科書や論文の輪読を行います。言語は日本語英語の両方を用います。



新時代を創出する有機エレクトロニクス

研究を始めるのに必要な知識・能力

出身学部が化学系の場合、有機化学や物理化学、物理系なら量子力学や固体物理学のいずれかの基礎知識が研究内容を理解するために必要です。専門知識は研究室に入ってから修得します。従って、学ぶ努力を継続する熱意と実行力が最も重要です。高校レベルの英語力は必要です。

この研究で身につく能力

研究室での研究活動を通じて自己研鑽を積み、自分で考えて自律的に行動できる研究者を育成することを目標としています。研究者として普遍的に重要な3つの能力が身につきます。(1)研究を実践するために必要な専門知識を独習する能力 (2)設定した目標を達成するための計画立案能力 (3)研究成果の“価値”を伝えるためのコミュニケーション能力。また、研究室の留学生との交流や国際共同研究、海外での学会発表などを通じて、国際的なセンスを磨く機会も多くあります。担当する研究テーマや努力の程度によって身につく専門知識は異なりますが、次の専門知識が得られます。

・光化学(励起状態のダイナミクス)、固体物性論(電荷注入と移動)、デバイス物理(有機デバイスの動作機構)

【就職先企業・職種】 総合電機メーカー、電機・電子機器・精密機器メーカー、印刷業、素材産業(化学、非鉄金属)

研究内容

村田研究室では、有機エレクトロルミネッセンス(EL)、有機太陽電池、有機メモリーといった有機エレクトロニクス全般を対象としています。

村田教授は有機EL素子の劣化機構の解明と有機太陽電池の高効率化や低コストな製造プロセス開発に取り組んでいます。江口助教はその場観察手法や動作環境下での測定手法の開発、表面・界面修飾による各種デバイス性能向上とそのメカニズムに関する研究を進めています。

有機ELの耐久性向上

有機ELディスプレイは高画質、低電力、薄型軽量、フレキシブルを特長とし、すでにテレビや携帯電話などで実用化されています。有機EL分野では、発光高効率化をめざしてリン光発光材料が活発に研究されていますが、青色リン光材料の耐久性の向上が課題となっています。素子の長寿命化は、村田研究室の得意とするところであり、青色リン光材料の劣化のメカニズムを解明するとともに、高耐久性の青色リン光有機EL材料を探索しています。また、精密な電子デバイスの作製から緻密な評価まで、一貫して研究を進める体制を整えており、これも私たちの強みとなっています。

高効率有機薄膜太陽電池

有機太陽電池の原理は、光を吸収してドナー分子からアクセプタ分子に電子が授受されることで電流が発生するというものです。プラスチック基板を用いた塗布プロセスによる作製が可能であり、シリコン系太陽電池に比べ、低コスト化、軽量・フレキシブル化が期待できます。

我々の研究室ではこれまでに、有機薄膜太陽電池で光電変換効率10%を達成しています。また、最近では有機無機ハイブリッド型ペロブスカイト太陽電池で25%という開発例も報告されています。このハイブリッド型太陽電池は製造プロセスの再現性が低いという問題があり、その解決が画期的な太陽電池の実現につながります。

デバイス動作環境下での構造や電子状態の評価

動作中の有機エレクトロニクスデバイスにおける分子材料の構造や電子状態を評価するために、デバイス動作環境下での測定手法の開発を新たにスタートしました。一般的な測定では“観る”ことのできない状態を“観て”、デバイス物理の理解を深めることにより、デバイス特性の向上や新規デバイスの開発につながっていきます。また、デバイス作製の途中の段階において、物質の構造や電子状態を非破壊で測定することのできる手法の開発についても行っていく予定です。各段階における状態を調べることで、各プロセスとデバイス性能との因果関係を明らかにし、高性能デバイスの開発を目指します。

メモリー素子

有機材料の特徴を生かした新しい動作メカニズムによる不揮発性有機メモリーの実現に挑戦しています。シンプルな構造である2端子型の素子やトランジスタをベースとした3端子型の素子について、メモリー特性が発現する機構解明や新規材料の探索が研究対象です。ここではデバイスの作製と評価を軸に研究を進めます。



(左)フレキシブル有機EL素子と(右)フレキシブルメモリー

主な研究業績

1. T. T. Dao, H. Sakai, K. Ohkubo, S. Fukuzumi, H. Murata, Low switching voltage, high-stability organic phototransistor memory based on a photoactive dielectric and an electron trapping layer, *Organic Electronics* 77C, 105505 (2020).
2. S. Oyama, H. Sakai, H. Murata, Rate constant of exciton quenching of Ir(ppy)₃ with hole measured by time-resolved luminescence spectroscopy, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 55, 03DD13 (2016).
3. V. Vohra, K. Kawashima, T. Kakara, T. Koganezawa, I. Osaka, K. Takimiya, H. Murata, Efficient inverted polymer solar cells employing favourable molecular orientation, *Nature Photonics*, 9, 403 (2015).

使用装置

真空蒸着装置(高真空対応2台、超高真空対応1台)

デバイス作製用グローブボックス

半導体評価システム

有機デバイス評価システム

逆光電子分光装置

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/murata/index.html>

4年生までの学部教育が専門知識修得のための基礎を習得する場であるのに対して、大学院はさらに高度な知識を修得しながら、それを駆使して“研究を実践する場”であると考えています。研究がうまくいかず壁に突き当たったとしても、正面から向き合い試行錯誤して、困難を乗り越える経験をするのが最も重要です。最近では困難を回避しようとする人が多いように感じます。成功体験は今の自分に自信を与えますが、失敗の克服は新しい自分への飛躍をもたらします。ですので、私は研究室の学生に常々こう伝えています。「逃げるな、折れるな、諦めるな」。



半導体ナノワイヤを舞台としたスピントロニクス研究

研究を始めるのに必要な知識・能力

本研究室で研究を始めるにあたって大事なものは、リアルに「もの」を扱うのが好きであることだと考えています。また、物理学(特に電磁気学、量子力学)の知識はあった方がよく、この他に半導体・固体物理、化学、プログラミングの知識があると研究を進める上で役に立つと考えています。

この研究で身につく能力

本研究室の研究では様々な装置を使います。それらの正しい使用法は論理的思考に基づいて考えられています。したがって、それらを理解し、自ら実践することにより、論理的な思考力が養われると考えています。また、実験的研究にはトラブルがつきもので、想定通りには結果が得られず、上手く進まないことも多々あります。ですが、トラブルの状況や得られている結果に関して、周りと協力しながら分析・考察し、研究が上手く進むように努力することにより、解決すべき課題を発見する力、そして発見した課題を解決する力が養われると考えています。

【就職先企業・職種】 電機・精密機械、IT・通信、素材

研究内容

従来のエレクトロニクスでは、チャージ(電荷)の制御により情報処理が行われてきました。これに対してスピントロニクスは、チャージだけでなくスピン(磁性)を制御することにより情報処理を行っていくものです。国際デバイスおよびシステムロードマップにおいても、スピントロニクス素子は重要な次世代デバイスの一つとして位置づけられています。半導体を用いる代表的なスピントロニクス素子は、InAs・InGaAs・InSb・InGaSb など大きなスピン軌道結合を有する半導体と強磁性体との複合構造からなるスピン電界効果トランジスタです(図1)。この素子においては、半導体ナノワイヤを採用することにより、スピン軌道結合と弾性散乱によるスピン緩和が抑制されると期待されています。そこで本研究室では、以下に示すような、半導体ナノワイヤ構造および半導体・強磁性体複合構造に関する実験的研究を行っています。

①半導体ナノワイヤ構造の作製

電子ビーム露光とエッチング加工を組み合わせたトップダウン手法(図2)と、分子線エピタキシャル成長を用いたボトムアップ手法(図3)に関する研究を進めています。トップダウン手法では高品質な半導体ヘテロ接合を用いることが可能ですが、コヒーレントな伝導のためにはエッジ形状の最適化や加工ダメージの抑制などの課題があります。ボトムアップ手法では半導体ヘテロ構造の利用は困難ですが、成長条件の最適化によりトップダウン手法では困難な良好な形状・微小な寸法を実現できる可能性があります。

②半導体・強磁性体複合構造の作製

電気化学プロセスによる半導体(ZnO)/強磁性体(Co, Ni)コアシェルナノワイヤの形成(図4)や、分子線エピタキシャル成長による半導体(InAs)/強磁性体(MnAs)複合構造の形成(図5)に関する研究も行っています。これらの方法では連続的に半導体/強磁性体界面を形成するため、強磁性体から半導体へのスピン注入効率向上が期待されます。

③作製した構造の電氣的評価・解析

超伝導マグネット付クライオスタットなどを用いて、低温・強磁場環境下での電氣的評価・解析を進めています。面内磁場中での非局所配置における抵抗測定(図6)などにより、スピン注入・輸送・検出に関する知見を獲得することが可能です。これら知見を基に、未踏のスピン電界効果トランジスタの実現を目指します。

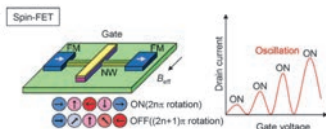


図1. スピン電界効果トランジスタ



図2. トップダウン手法によるナノワイヤ、ポイントコンタクト

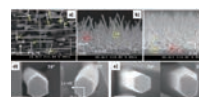


図3. ボトムアップ手法によるナノワイヤ

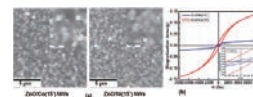


図4. 電気化学プロセスによるコアシェルナノワイヤ

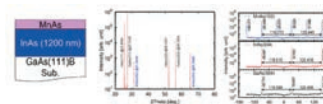


図5. MnAs/InAs 複合構造

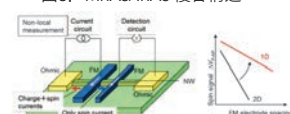


図6. 非局所測定

主な研究業績

1. Md. E. Islam, K. Hayashida, M. Akabori: "Spin injection and detection in MnAs/GaAs/InAs hybrid system on GaAs(111)B through lateral non-local spin valve measurement at varied temperature", AIP Advances, Vol. 9, pp. 115215-1-6 (2019).
2. D. Q. Tran, H. T. Pham, K. Higashimine, Y. Oshima, M. Akabori: "Three-dimensional lattice rotation in GaAs nanowire growth on hydrogen-silsesquioxane covered GaAs (001) using molecular beam epitaxy", Physica E, Vol. 99, pp. 58-62 (2018).
3. H. T. Pham, T. D. Nguyen, Md. E. Islam, D. Q. Tran, M. Akabori: "Enhanced ferromagnetism of ZnO@Co/Ni hybrid core@shell nanowires grown by electrochemical deposition method", RSC Advances, Vol. 8, pp. 632-639 (2018).

使用装置

成膜装置(分子線エピタキシャル成長装置、原子層堆積装置、真空蒸着装置、スパッタ装置)
微細加工装置(電子ビーム露光装置、電界電離ガスイオンビーム装置、反応性イオンエッチング装置)
電気化学プロセス装置
電気計測装置(デバイスアナライザ、ホール効果測定装置、ロックイン計測システム)
極低温・強磁場装置(超伝導マグネット付 He4クライオスタット、He3クライオスタット、希釈冷凍機)

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labo/akabori.html>

本研究室では、様々な装置を使って、半導体や強磁性体など「もの」をつくることから、主に電氣的評価・解析によりつくった「もの」を調べるところまで一貫して実験的研究を行います。まずテーマの近い学生でチームをつくり、毎日チームミーティングをしてもらいとともに、週一でスタッフを交えた全体ミーティングを行って、コミュニケーション力・プレゼンテーション力・判断力の育成・向上を図ります。また、全体ミーティングと同じ日に勉強会も行い、半導体・固体物理分野の知識習得や基礎学力の向上を図ります。



“スピンのダイナミクス”を 計測・制御して応用へ繋げる

研究を始めるのに必要な知識・能力

固体物理、材料物性の基礎知識を修得していることが望ましいです。基礎を身につける勤勉さと新しいことにチャレンジする意欲。

この研究で身につく能力

研究活動を通して、自分で問題を設定し、これを解決し、他人や社会に成果を発信する能力を身につけます。このために、まず、簡単な実験を通して自分で実験データの取得、装置の改良、解析、データのまとめ、研究発表ができる能力を育成します。その後、自分で新しくチャレンジングなテーマを設定し、これを解決してゆくことに取り組みます。その際には、他人と協調して研究を行うこと、英語文献の読解力や英語によるコミュニケーション能力が必要で、これらの能力を身につけることも重視します。

研究内容

電子の内部自由度であるスピンのダイナミクスを利用した新しい現象を探索し、これを応用したデバイスやセンサーを実現することを目指します。そのための基礎となるスピンダイナミクスの高感度センシングと高分解能イメージングの計測技術を重視して研究に取り組んでいます(図1)。

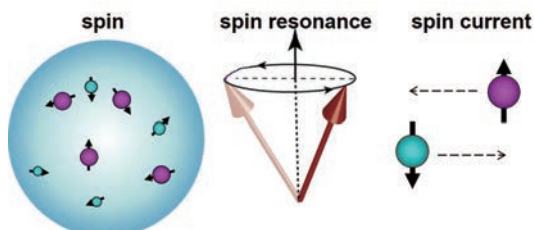


図1. 電子や原子核の持つスピン自由度、電子スピン共鳴、スピン流

①ダイヤモンド NV 中心を用いたナノ磁気センシング

近年、ダイヤモンド中の窒素-空孔複合体中心(NV 中心)に存在する単一スピンは、高性能なスピンセンサーとして有用であることが判り(図2)、NV 中心を利用したナノスピン(磁気)センシング(図3)・イメージング(図4)が注目されています。この NV 中心を走査プローブとした高感度・高分解能スピンセンサーを開発し、単一電子スピン、単一核スピンのダイナミクスをセンシングすることを目指します。

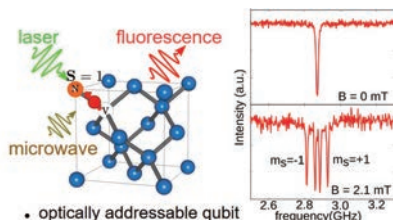


図2. ダイヤモンド中の NV 中心と磁気共鳴スペクトル

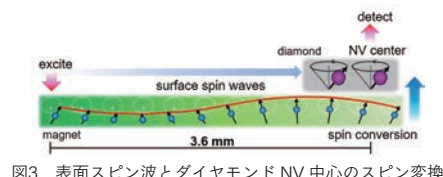


図3. 表面スピン波とダイヤモンド NV 中心のスピン変換

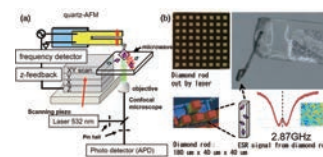


図4. 走査ダイヤモンド NV 中心スピン顕微鏡

主な研究業績

1. D. Prananto, D. Kikuchi, K. Hayashi, and T. An, "Imaging of stray magnetic field vectors from magnetic particle with an ensemble of nitrogen-vacancy centers in diamond", Jpn. J. Appl. Phys. **58**, SIIB20 1-6 (2019).
2. D. Kikuchi, D. Prananto, K. Hayashi, A. Laraoui, N. Mizuochi, M. Hatano, E. Saitoh, Y. Kim, C. A. Meriles, T. An, Long-distance excitation of nitrogen-vacancy centers in diamond via surface spin waves, Applied Physics Express, **10**, 103004 1-4 (2017).
3. T. An, V. I. Vasyuchka, K. Uchida, A. V. Chumak, K. Yamaguchi, K. Harii, J. Ohe, M. B. Jungfleisch, Y. Kajiwara, H. Adachi, B. Hillebrands, S. Maekawa, and E. Saitoh, Unidirectional spin-wave heat conveyer, Nature Materials, **12**, 549-553 (2013).

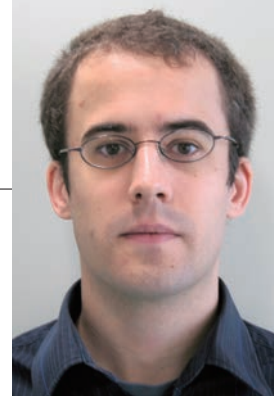
使用装置

磁気共鳴計測・制御装置(自作)、FPGA、LabVIEW による電子制御
走査マイクロ波顕微鏡(自作)
共焦点光学的磁気共鳴顕微鏡(自作)
水晶振動子型 AFM プローブ顕微鏡(自作)
超高真空・極低温走査スピン顕微鏡(自作)

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/toshuan-www/index.html>

本研究室では、スピンのダイナミクスを利用してセンサーやデバイスへの応用へ繋げることを目標に、材料物性の基礎を理解し(“確かな知識”)、課題を自ら設定し(“自由な発想力”)、解決してゆく能力を育成します。毎日の研究において議論の場を多く設定し、コミュニケーション能力を高めます。課題を解決する手段としての新規計測手法の開発と工学的技術の取得にも取り組みます。意欲溢れる皆さんが研究に参加し、“わくわくする”研究の醍醐味に触れ、将来の活躍の基礎を確立する場を提供したいと考えています。



2D materials: Silicene and beyond

研究を始めるのに必要な知識・能力

The students need knowledge in solid state physics, which can also be acquired by students having a good capability of learning by themselves and curious. Skills in doing experimental work are required and it is better for the students to be good with their hands.

この研究で身につく能力

Besides teaching them the scientific knowledge they need for their research, I tried to make students develop qualities which will be very useful in their future professional and personal life. By doing a cutting-edge research work and by performing difficult experiments autonomously, they learn how to carry out important projects autonomously. The analysis of the experimental results and the interpretation of their significance improve their critical thinking skills. Nevertheless, by talking frequently in English together about their research, the students become more and more confident in communicating in English.

【就職先企業・職種】 Engineer in Companies (manufacturing, healthcare) and Independent Administrative Institution

研究内容

Owing to their flexibility, perfect smoothness and high surface sensitivity, two-dimensional (2D) materials which are thin films with a thickness down to a single atom, are promising for reducing further the dimensions of electronic components, to limit the heat dissipation in them and to allow for the fabrication of 2D devices which can be integrated in daily life items.

I have dedicated my current research to the fabrication and the study of 2D materials made of atoms from the same column as C in the periodic table and similar to graphene, a single layer of graphite. This research started few years ago with one of the very first reported experimental observation of silicene, done in our group. Silicene, as the ultimately thin form of silicon, has great expectation to allow for scaling down further the silicon-based nanotechnologies. For this purpose, many challenges need to be addressed: They are the objects of my current and future research.

(1) We are investigating methods for tuning the electronic properties of silicene for instance by means of atoms or molecules.

(2) We try to find solutions to grow silicene on insulating or semi-conducting substrates and to protect it from degradation in air.

(3) We keep exploring the same column of the periodic table by trying to fabricate other 2D materials made of element like Ge or Sn.

(4) We study the integration of silicene with other 2D materials.

Most of these experiments are done in ultra high vacuum (UHV) chambers in order to preserve these 2D materials from degradation. We characterize the 2D materials by means of surface sciences techniques including scanning tunneling microscopy (STM), a local probe technique capable of imaging the atomic structure of surfaces or 2D materials.

Additionally, we perform experiments at synchrotron light source facilities in Japan and abroad aimed at determining the electronic properties of our 2D materials by angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES).

主な研究業績

1. Experimental evidence for epitaxial silicene on diboride thin films, A. Fleurence, et al., Phys. Rev. Lett. 108, 245501 (2012).
2. Insights into the spontaneous formation of silicene sheet on diboride thin films, A. Fleurence, and Y. Yamada-Takamura, Appl. Phys. Lett. 110, 041601 (2017).
3. Single-domain epitaxial silicene on diboride thin films A. Fleurence, et al., Appl. Phys. Lett. 108, 151902 (2016).

使用装置

- UHV system with STM at variable temperature, Low energy electron diffraction, Auger electron spectroscopy
- UHV system with STM, X-ray Photoemission spectroscopy
- UHV system for chemical vapor deposition of diboride
- Atomic force microscopy
- X-Ray diffractometer



研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : http://www.jaist.ac.jp/profiles/info.php?profile_id=593

My approach for the education in the laboratory is to make the students feel comfortable in performing experiments in such a way they could develop self-confidence and enjoy being capable of carrying out their research almost autonomously. I invite them to contribute their own ideas about the direction of the research and how to interpret their results. I also encourage them to improve their communication skills in English.

生命機能工学領域

生命分子の解析・改変・組織化を通じた生命機能の探究と
先端テクノロジーへの応用展開

■ 領域の概要

生物は、タンパク質・核酸・生体膜・糖鎖などの生命分子を高度に機能化・組織化することで、様々な生命機能を発揮しています。本領域では、JAIST 独自のユニークなバイオテクノロジーを駆使して、そのような生命分子の機能を分子レベル・細胞レベルで解析するとともに、人工的に生命分子を改変・組織化した新しい人工生命分子の創成を行っています。さらに産業界とも連携してバイオデバイス・バイオセンシング等の先端テクノロジーへ応用することで、主に医療・環境分野での実用化も進めています。

■ キーワード

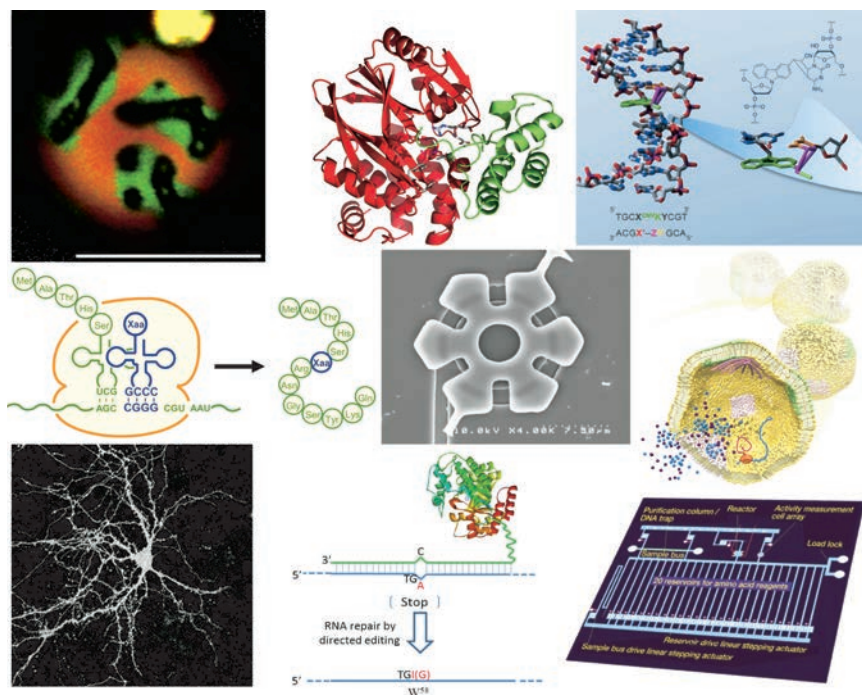
生体関連化学、バイオテクノロジー、化学生物学、合成生物学、生体分子デザイン、バイオデバイス、バイオセンシング、先端医療

■ 教育研究の方針

本領域は、生命機能の理解・探究・創成とその応用展開までを教育研究対象としています。本領域の研究室に配属された学生は、生物に加えて化学・物理を含めた広範な基礎力と応用力を基本から体系的に学習しつつ、最先端の実験装置を備えた非常に充実した教育研究環境の下で生命機能工学に関する先端的・挑戦的な研究テーマに取り組むことを通じて、研究の楽しさと難しさを実感しながら、研究を進める力とそれに必要な専門的知識・技術を修得していきます。修了後は、生命機能工学の視点から様々な社会的問題の解決に貢献できる研究者・高度専門技術者として活躍することを期待しています。

■ 就職実績

アルプス電気(株)、住友ゴム工業(株)、生晃栄養薬品(株)、大日本印刷(株)、中外製薬(株)、東京電力(株)、東芝三菱電機産業システム(株)、(株)ニコン、(株)ニフコ、日本サイプレス(株)、(株)日立ハイテクノロジーズ、富士ゼロックスマニュファクチャリング(株)、(株)三鈴、三菱ケミカル(株)、三菱電機(株)、(株)メニコン、ヤマハ(株)、UT グループ(株) 等



生命機能工学領域における研究トピックのイメージ



タンパク質の「形」や「動き」をしらべて、未知の生命現象をひもとく

研究を始めるのに必要な知識・能力

試料調製(遺伝子工学、生化学)、NMR 実験(パラメータ設定、多様な測定、データ処理)、解析(NMR データ解析、バイオインフォマティクス)の3つの要素のうち、少なくとも1つについての知識・能力があれば、この分野の研究を始めやすいです。PC 操作に強い人も歓迎します。

この研究で身につく能力

生命現象を分子レベルで考える能力が養われます。研究で扱っているのは生体分子ですが、境界領域とか複合領域と呼ばれる研究分野のため、物理・化学・生物の幅広い基礎知識が必要になります。そのため、自ずとこれらを勉強して身につけることになります。また、具体的な研究立案を通して、大目標へ到達するための道筋を考えた中目標や小目標の立て方を学びます。実験がうまくいかないときの工夫やデータの解析・解釈など、実際に研究を進めていく中で困難な課題を少しずつ解決し、それらを統合して目標へ向かっていく能力が養われます。さらに、研究経過報告や学会発表を経験することで、学術的な文章を書く能力や発表資料の作成能力、プレゼンテーション能力も身につきます。

【就職先企業・職種】製薬・食品・化学系企業の研究、技術職

研究内容

(1) 安定同位体標識技術の開発

NMR (核磁気共鳴分光法)で測定するタンパク質は、見たい部位の炭素が ^{13}C 、窒素が ^{15}N という安定同位体で標識されていることが必要です。このような特殊なタンパク質試料は、通常、遺伝子組み換え大腸菌を使って調製されます。類似の手法として、私たちは、これまでなかった植物培養細胞を利用する安定同位体標識タンパク質調製技術を開発しています。大腸菌よりも高等な植物細胞は、大腸菌では調製が困難な複雑な構造のタンパク質を調製する潜在能力を持っています。私たちはこれまでに、このオリジナル技術を使って試料タンパク質を ^{13}C や ^{15}N で均一標識することや、バリン、ロイシンなどのメチル基を有するアミノ酸残基だけを特異的に安定同位体標識することに成功しています。今後は、この標識技術のさらなる高度化に取り組んでいきます。

(2) ジスルフィド結合を有するタンパク質

ジスルフィド(SS)結合を有するタンパク質を大腸菌の系で調製することは困難です。私たちは、植物培養細胞を利用して SS 結合を有するタンパク質を調製し、それらの構造と機能を NMR で研究しています。幾つかの成果の例を以下に紹介します。

ストマジェンは分子内に3組の SS 結合を持つペプチドホルモンで、植物の気孔の数を増やす働きをします。大腸菌ではストマジェンを大量に調製することが困難でしたが、植物培養細胞での調製に成功しました。安定同位体標識されたストマジェンを調製し、その立体構造を NMR で解明しました。その結果、ストマジェンや類縁タンパク質の異なる機能と構造との関連が明らかになりました。今では、気孔の数を増やしたり減らしたりするペプチドを設計・調製し、実際にその効果を確認することが出来るようになっていきます。将来、植物の光合成量や成長を人為的に自在に操ることが可能になれば、環境改善や食料問題の解決に貢献できるはずです。

分子内に4組の SS 結合を持つ ESF は、植物の種子が出来るごく初期の段階でのみ発現するペプチドとして発見されました。ESF が働かなくなると、種子の大きさや形が不揃いになります。私たちは、ESF を植物培養細胞で調製することに成功し、その立体構造を NMR で決定しました。この結果、ESF 分子表面の特別な並びをしたトリプトファン残基の側鎖がその機能に必須であることが明らかになりました。大きな種子を収穫したり、種のないフルーツを簡単に作れる日が来るかも知れません。

他にも、昆虫や爬虫類の毒ペプチドや抗菌作用を持つディフェンシンなど、SS 結合を持つタンパク質は数多く存在します。これらについても構造と機能の関係を研究しています。このような生理活性を持つ生体分子についての研究は、生命現象を深く理解するだけにとどまらず、その成果が新薬開発の大きな助けとなります。

(3) シグナルを伝達するタンパク質

生体内では、タンパク質、脂質、遺伝子など多くの分子の協奏によってさまざまなシグナルが行き交っています。これらのシグナルは、メチル化、アセチル化といっ

た修飾や、マグネシウム、亜鉛などのイオンとの結合・解離による分子構造や構造の揺らぎ具合の変化がスイッチとなって、他の分子と相互作用することで伝達されています。私たちは、カルシウムを結合するタンパク質やリン酸化されるタンパク質に焦点を絞り、それらの構造と機能を NMR で研究しています。



図. 気孔を増やすストマジェンの立体構造。

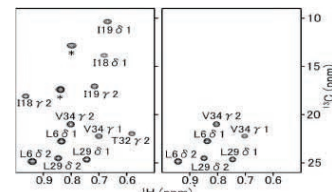


図. ^1H - ^{13}C の相関をみる 2次元 NMR (HSQC) スペクトルのメチル基領域の拡大図。タンパク質全体が ^{13}C で安定同位体標識されている試料(左)とバリン・ロイシンのみが標識されている試料(右)。

主な研究業績

1. L.M.Costa, E.Marshall, M.Tesfaye, K.A.T.Silverstein, M.Mori, Y. Umetsu, S.L.Otterbach, R.Papareddy, H.G.Dickinson, K.Boutiller, K.A.VandenBosch, S.Ohki & J.F.Gutierrez-Marcos. (2014) "Central Cell-Derived Peptides Regulate Early Embryo Patterning in Flowering Plants" Science 344, 168-172.
2. S.Zhu, S.Peigneur, B.Gao, Y.Umetsu, S.Ohki & J.Tytgat. (2014) "Experimental Conversion of a Defensin into a Neurotoxin: Implications for Origin of Toxic Function" Mol. Biol. Evol. 31(3), 546-559.
3. S. Ohki, M. Takeuchi & M. Mori. (2011) "The NMR structure of stomagen reveals the basis of stomatal density regulation by plant peptide hormones" Nature Communications 2, Article number: 512 doi:10.1038/ncomms1520

使用装置

Bruker AVANCE III 800MHz-NMR 装置($^1\text{H}/^{13}\text{C}/^{15}\text{N}$ 三重共鳴クライオプローブ付き)

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : http://www.jaist.ac.jp/nmcenter/labs/s-ohki-www/contents/Ohki_Lab.html

将来全く別の研究・技術の領域に飛び込んだとしても十分活躍していけるような基礎的素養を持った人材を育成したいと思います。毎日楽しみながら、こつこつと努力し、粘り強く研究に取り組みましょう。失敗でも成功でも、取得した生の実験データを見ながら議論することに重きをおきます。データの解析や考察、次の実験についての提案など、新しいアイデアを出し合うことを日頃から繰り返していきながら、論理的な思考方法を身につけましょう。また、3ヶ月に1度程度は研究室のゼミで詳細な研究経過を口頭で発表する機会があります。



生体環境ダイナミクスを 探る、操る、創る

研究を始めるのに必要な知識・能力

特に必要な知識・能力はありません。生物、物理、化学の境界領域で研究を行っています。入学後、基礎から親切に指導しますので、現時点での知識、能力は特に問いません。

この研究で身につく能力

生命活動に代表される複雑な現象を、分子レベルで理解するためには、生物に対する強い関心と、物理、化学の基礎的な知識が必要です。私どもの研究室では、以下の能力を身につけてもらいたいと思い活動を行っています。

- (1) 分子間の相互作用や自己組織化に関する現象を、基本的な化学・物理の法則に基づいて研究・解明する能力
- (2) 分子レベルから組織・個体への階層性を意識しつつ生命現象を理解する能力
- (3) 与えられた条件を基に、研究の方向性を決められる能力
- (4) 研究成果を魅力的に一般人にも分かり易く伝える事ができる能力

【就職先企業・職種】 大学教員、国家、地方公務員(研究機関研究員)、化学、食品、化粧品、医薬品、精密機械関連研究職等

研究内容

細胞膜は、単に細胞内外を区別するだけでなく、痛み、睡眠、興奮、鎮静など、さまざまな生理的な応答に関わると言われています。

その細胞膜には、流動性の異なるドメイン構造(脂質ラフト)が存在し、生命活動に重要な役割を果たしていると考えられています。

我々の研究室では、分子を自己組織化させて作成した人工細胞膜(細胞サイズリボソーム)と、実際に生きている細胞(免疫細胞や神経細胞)の両方を用いた実験系、さらに数理論を駆使しシミュレーションを行う理論系の両面を駆使した、生物学、化学、物理学、数理論科学の境界領域における先端的な研究プロジェクトが進行中です。

■ 脂質分子の電荷が引き起こす膜構造変化

生体膜は負電荷を持つ脂質を含んでおり、細胞信号伝達、イオンの流入、膜電位等に大きな影響を与えています。しかし、脂質分子の電荷が膜構造自体にどのような影響を与えているのかは明らかになっていません。中性脂質、荷電脂質を組み合わせるリボソームを調整し、共焦点レーザー顕微鏡や蛍光顕微鏡を用いて膜表面の相状態や膜の形状の観察・解析を行っています(図)。

荷電脂質を膜組成に加えることで、中性脂質のみの組成とは大きく異なった相挙動が観察され、脂質分子の電荷が膜構造に大きな変化をもたらすことを明らかにしました。

この実験手法を、さらに局所麻酔薬、冷感・温感剤など、さまざまな生理活性物質の機能解析にも役立てています。

■ 細胞膜ダイナミクスとシグナル伝達

ヒトは約60兆個の細胞からできており、各部位を構成する細胞の種類によって、それぞれ固有の機能をもっています。これらの機能を発揮するために、細胞にはそれぞれ特有な生体膜からなる細胞小器官(オルガネラ)が備わっています。細胞のすべての膜系は、リン脂質の二分子膜構造を基本としており、透過性をもつ障壁として機能すると同時に、細胞の生命維持に必須の機能をもっています。細胞膜の飽和脂質やコレステロールが豊富な秩序相からなるマイクロドメイン構造である「ラフト」に注目し、その動的構造変化がもたらす細胞内シグナルへの影響を明らかにすることを目的としています。

■ 粗視化分子動力学シミュレーション

実験では観察が難しい部分を補うために、理論的なモデルや計算機シミュレーションによる解析も行っています。

理論モデルでは、熱力学的なアプローチに基づき自由エネルギー

を計算し、相分離や膜形状の理解を進めています。実験が困難な非対称荷電脂質膜での相分離の挙動も計算により明らかにしました。

分子動力学シミュレーションではリン脂質を粗視化することで計算コストを減らし大規模計算を行う手法を用いています。実験では観察できなかった、荷電脂質による膜形状の安定化機構もシミュレーションを用いることで明らかにすることができました。

シミュレーションにより、脂質膜の相挙動・変形を理解するだけでなく、ゲスト分子などとの相互作用を明らかにすることも視野に入れて研究を進めています。

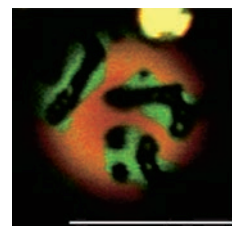


図. 人工細胞膜上で観察される相分離構造の顕微鏡像(白線の長さは10μm)

主な研究業績

1. N. Shimokawa, M. Nagata, M. Takagi. Physical properties of the hybrid lipid POPC on micrometer-sized domains in mixed lipid membranes. Phys. Chem. Chem. Phys., 17, 20882-20888(2015)
2. H. Himeno, N. Shimokawa, S. Komura, D. Andelman, T. Hamada, M. Takagi. Charge-induced phase separation in lipid membranes. Soft Matter 10, 7959 - 7967(2014)
3. H. T. T. Phan, T. Hata, M. Morita, T. Yoda, T. Hamada, M. C. Vestergaard, M. Takagi. The effect of oxysterols on the interaction of Alzheimer's amyloid beta with model membranes. BBA-Biomembrane, 1828, 2487-2495(2013)

使用装置

レーザー共焦点顕微鏡
蛍光顕微鏡
原子間力顕微鏡
画像解析装置
細胞培養装置

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/takagi/>

メンバー間の親密な雰囲気に基づいた、きめ細かく、親切的な指導を以下の3点を心がけつつ行います。

- (1) 教員と院生の距離感が近く、アットホームな雰囲気を常に創り出します。
- (2) 研究に関する知識・技術などの基礎能力については、早い段階からきめ細かく指導します。
- (3) 実験結果を出すだけでなく、「思考力、判断力、表現力」など、社会に出て必要となる能力にも重点を置いた指導をしています。



ナノとバイオを融合して 医療と環境の問題を解決する

研究を始めるのに必要な知識・能力

私たちが扱う対象は分野融合的要素が強く、従って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ております。生物、化学だけでなく、物理、機械、電子、制御、材料など、個人のバックグラウンドに応じたテーマを設定し、研究を進めます。

この研究で身につく能力

何かを解析するチップの研究が多いので、分析科学の要素は押し並べて身につきます。微量なサンプルを扱うので、微量な生体サンプルのハンドリング技術、生体分子と無機材料の界面の調整技術、微量な蛍光や光信号の観察・計測技術等が身につきます。また、チップを作成するには、フォトリソグラフィ等、マイクロマシンの技術が身につきます。新しい材料を使う場合は、成膜やエッチングの為のプロセス開発を行うこともあります。チップの開発では、流体の動きや熱の伝達をシミュレーションし設計することもあります。修士生は、計測機器メーカーへの就職が多いですが、半導体製造機器メーカーや、薬品会社へ就職する方もいらっしゃいます。

【就職先企業・職種】計測機器メーカー、電気、機械、半導体製造機器メーカー、半導体メーカー、薬品関連

研究内容

半導体プロセスを応用して、ウエハ上に小さな流路や反応容器、分析器等を作りこみ、一つのチップ上で、血液検査等に必要の一通りの化学実験を完遂させようという微小流体デバイス、 μ TAS (micro total analysis systems)や Lab on a chip と呼ばれる研究分野が急速に発展しています。これは、病気の診断、創薬、生命現象の解析に応用でき、大きな市場と新しい学術分野を開拓するものとして期待されております。また、いろいろな形状の微小流路内を、流体や大きな分子が流れるときの挙動は、ブラウン運動や界面の影響が支配的で、流体力学でも分子動力学でも扱えない新しい現象を含んでいます。当研究室は、このような新しい現象をベースに、ナノとバイオを融合した次世代のバイオチップ創製を目指した研究を行っています。

主なテーマを次に示します。

1)高集積化バイオ化学チップの開発

高性能バイオチップの実現には、チップ内での流体の駆動機構と、高感度な検出器の開発が重要になります。本研究室では、溶液プロセスによるPZTアクチュエータアレイや電気浸透流ポンプをはじめ様々なチップ内での液体駆動機構と、ナノ材料を駆使した新しい検出器の開発を進めています(図1)。これらを用いて、組織中の一細胞を分子レベルで解析可能なチップや、高度な処理をプログラム次第で様々な汎用微小流体チップの開発を目指しています(図2)。

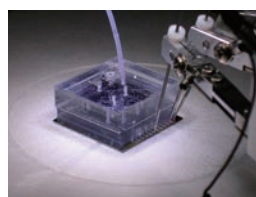


図1. 作成したバイオチップの例

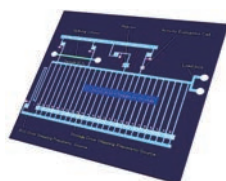


図2. 汎用微小流体チップ案

2)高感度バイオセンシング技術の開発

一滴の血液には、体内の様々な状態を反映した多くの情報が含まれております。これらを頻繁に解析することで、重篤な病気の超早期発見や、日々の健康管理、あるいは老化や病気が起きにくい体質になるために食事や運動をガイ

ドする等、様々なことが可能になると考えられております。このためには、非常に微量なバイオマーカーを簡易に測定する技術が必要です。私どもは、自己血糖測定器と同じ手間とコストでpg/mLオーダーの測定ができるチップや、質量分析チップの開発を行っております。

3)液体電極プラズマを用いたマイクロ元素分析器の開発

中央を細くした微小な流路に液体のサンプルを導入し、高電圧を印加するとプラズマが発生します。このプラズマからの発光を分光することにより、サンプル中の元素の種類と量を簡単・高感度に測定することができます。この原理を用いて、食物、井戸水、工場排水・廃棄物に含まれている有害な金属(Hg, Cd, Pb など)などを、オンサイトで測定できるマイクロ元素分析器の開発を行っています。

主な研究業績

1. Pulse-heating ionization for protein on-chip mass spectrometry, Kiyotaka Sugiyama, Hiroki Harako, Yoshiaki Ukita, Tatsuya Shimoda, Yuzuru Takamura, Analytical Chemistry, 86, 15, 7593-7597, 05 August 2014.
2. Development of automated paper-based devices for sequential multi-step sandwich enzyme-linked immunosorbent assays using inkjet printing, Amara Apilux, Yoshiaki Ukita, Miyuki Chikae, Orwom Chilapakul and Yuzuru Takamura, Lab Chip, 13(1), 126-135, January 2013.
3. High sensitive elemental analysis for Cd and Pb by liquid electrode plasma atomic emission spectrometry with quartz glass chip and sample flow, Atsushi Kitano, Akiko Iiduka, Tamotsu Yamamoto, Yoshiaki Ukita, Eiichi Tamiya, Yuzuru Takamura, Analytical Chemistry 83(24), 9424-9430, 04 November 2011.

使用装置

クリーンルーム半導体製造装置一式
電気化学測定装置
表面プラズモン共鳴測定装置
イムノクロマトグラフ製造装置
全反射蛍光一分子観察装置

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/takamura/index.html>

iPS細胞など最近の新しい医療技術の多くは、新しい工学的技術の進歩が発端になっていることをご存知でしょうか。その多くに、高度に発展したナノテクノロジーとバイオテクノロジーの融合技術が使われています。この分野は、まさに今アクティブで、また人類への多くの貢献が期待されている分野でもあるのです。私どもの研究室には、様々なバックグラウンドと目的を持った学生さんが来ます。私どもは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自ら獲得できる様に、サポートとガイドを行うことを主な指導方針としています。



RNAの知見を医学に活かそう！

研究を始めるのに必要な知識・能力

生き物の不思議に興味があること。実験を失敗しても研究を続ける持続力。未来の医療に貢献しようという意欲。

この研究で身につく能力

哺乳動物細胞の培養技術や、遺伝子単離・解析技術、遺伝子組換え技術などが身につきます。実際に遺伝子を増幅して遺伝子組換えを行い、大腸菌や培養細胞を使って、発現させたり、遺伝子を人為的に変異させ、さらには人工酵素を創成する技術を学ぶことができます。

【就職先企業・職種】化粧品会社・研究開発職、製薬会社・開発職、化学系製造会社・研究開発職、弁理士など

研究内容

遺伝子と mRNA

私たちの研究室では、生体分子や細胞もマテリアルであるという観点から、生体分子、特に RNA を中心とした研究を行っています。遺伝子の全塩基配列が解明された結果、ヒトの持つ遺伝子数は2万5千以下と推定されています。一方で、タンパク質は少なくとも20万種以上存在するとされています。なぜ、設計図である遺伝子の数よりもタンパク質の種類が圧倒的に多いのでしょうか？その答えの一つが選択的スプライシングです。選択的スプライシングによって、生物は単一のゲノム遺伝子からスプライシングのされ方の異なる複数の mRNA を生成することができます。

RNA の解析研究について

私たちは、マイクロアレイや Real-Time PCR、遺伝子導入による細胞内スプライシング解析、さらには RNA 代謝中間体の解析といった技術を駆使して、細胞内 RNA を対象とした研究を行っています。P19細胞という多様性の分化能を有する細胞の分化誘導過程の mRNA を網羅的かつ詳細に解析することで、神経特異的に選択的スプライシングを受ける遺伝子を同定し、神経特異的なスプライシングが想像以上に多いことを明らかにしました。私たちはこの様な神経特異的なスプライシングが脳や神経の機能にどの様に貢献しているのかを解明したいと考えています。

遺伝子修復研究について

遺伝子に変異があるとタンパク質を上手く生成することができなくなることがあり、様々な病気の原因ともなります。では、変異した遺伝子を元に戻すことはできないのでしょうか？私たちはこの課題に挑戦し、新たな遺伝子疾患治療法の開発にも取り組んでいます。RNA エディティングと呼ばれる生命現象を模倣して遺伝子を修復しようという試みです。もし、部位特異的に核酸の塩基を脱アミノ化して他の塩基に変換することができれば、遺伝暗号を変換することができます。私たちの研究室では、部位特異的な RNA の脱アミノ化法の確立を目指して研究しています。

最後に

この様に、私たちの研究室では RNA 研究の知見を活かし、RNA に直接作用して RNA の機能を改善する次世代の疾患治療法の研究

に取り組んでいます。従来の遺伝子治療は、機能しない遺伝子に代わりの遺伝子を補充する治療でした。私たちは壊れた遺伝子を修復する治療の確立を目指して研究を続けています。

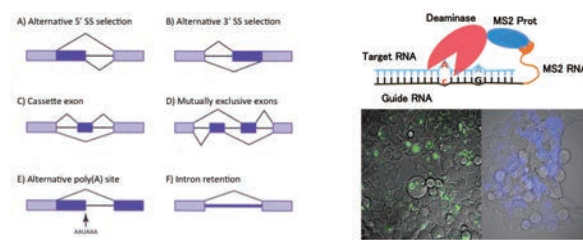


図1. 選択的スプライシングの種類

Pre-mRNA はスプライシングによって複数の mRNA を生成します。その過程が選択的スプライシングで、図の様にタンパク質をコードした部分の選択法が異なるため、似て非なる mRNA が生成されます。

図2. 人工 RNA エディティング酵素

RNA エディティングを触媒する酵素の活性部位を人為的に RNA に誘導するため、標的に相補的な guide RNA を用いる。作成した RNA エディティング酵素は細胞内で A→G や C→U の変換を引き起こし、変異 GFP を野生型に修復することができる。

主な研究業績

1. Site-directed RNA editing by adenosine deaminase acting on RNA (ADAR1) for correction of the genetic code in gene therapy, Md Thoufic Anam Azad, Sonali Bhakta, Toshifumi Tsukahara, Gene Therapy, 24, 779-786 (2017)
2. Chemical RNA Editing for Genetic Restoration: The Relationship between the Structure and Deamination Efficiency of Carboxyvinyldeoxyuridine Oligodeoxynucleotide, Vu Thi Luyen, Nguyen Thi Kim Thanh, Md Thoufic Anam Azad, Hitoshi Suzuki, and Toshifumi Tsukahara, Chemical Biology & Drug Design, 87, 583-593 (2016)
3. Endogenous Multiple Exon Skipping and Back-splicing at the DMD Mutation, Hotspot. Hitoshi Suzuki, Yoshitsugu Aoki, Toshiki Kameyama, Takashi Saito, Satoru Masuda, Jun Tanihata, Tetsuya Nagata, Akira Mayeda, Shin'ichi Takeda, Toshifumi Tsukahara, Int. J. Mol. Sci. 17(10), 1722 (2016)

使用装置

Applied Biosystems 3130xl Genetic Analyzer (DNA sequencer)
Affymetrix GeneChip Sytem
Stratagene Mx3000P (Real-time PCR)
Fujifilm LAS3000
Agilent 2100 Bioanalyzer

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/tsukahara-www/index.html>

- ・優れた研究こそが最も良い教育の場である。
- ・世界を目指した研究を行う。(目指せ Nature !)
- ・オリジナリティーの高い研究を行う。
- ・誰もやっていないから難しい、そして面白い。
- ・経験は問わないが、能力は必要である。
- ・「やる気」を持続することも能力である。



分子技術を核酸医薬・光ゲノム操作へ ～DNA/RNAを光で操る～

研究を始めるのに必要な知識・能力

本研究室では「科学の基本原則を理解したうえで、合理的かつ緻密にデザインされた自身オリジナルの分子を創成・合成することで今までにない物性や能力を有する物質を創成する」ことを基本にしています。挑戦しようという意欲を求めています。異分野からの挑戦を歓迎します。

この研究で身につく能力

本研究室では日頃の雑誌会・研究会・実験・研究発表・研究室独自の取り組み(下記)などを通して自然現象・生命現象を科学の言葉で理解する力、自分自身で解釈し、新しいものを生み出す感性や俯瞰力、また最終的には自分を「活かし」ひいては社会に必要なとされる人間力を身につけてもらいたいと思っています。

(取り組み事例)・最前線で活躍中の先生による研究室セミナー・東京・大阪方面で開催されている技術スクールへ参加支援・学会(国内、国外)への出席支援・海外雑誌への論文投稿の支援・ベンチャーラボラトリー等への積極的参画・共同研究先企業との合同セミナー・交流

【就職先企業・職種】大学教員、化学系企業、製薬系企業、機械系企業、電機系企業、研究所研究員、医療機器系企業、食品

研究内容

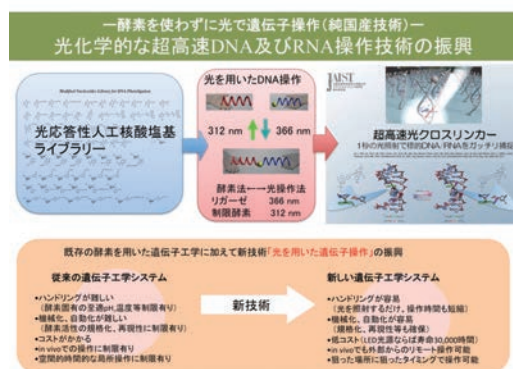
(藤本研究室で行っている研究概要)

現代の遺伝子工学は酵素を用いた遺伝子操作に基づくものですが、生体内細胞中での操作、マイクロマシン上での操作には酵素のみでは限界があるとされています。藤本研究室では、有機合成化学のレベルで精密に分子設計された光応答性的人工核酸を用いることにより、酵素ではなく光を用いてDNAあるいはRNAを操作する光遺伝子操作法を創出しています。さらには、分子生物学や情報科学、細胞生物学などの学際領域のみならず遺伝子解析などの産業応用も含めた実用的新方法論へと展開しています。

1. 超高速光 DNA・RNA 操作法の開発

(光応答性人工核酸の分子設計・合成とその応用研究)

光による核酸損傷の一つとしてピリミジン連続配列におけるダイマー生成が光化学的な[2+2]光環化反応によって引き起こされている。これを参考に光反応性を有するビニル基を有機合成化学的手法で埋め込んだ人工塩基をDNA中に組み込ませることで光操作する為の人工DNAプローブを合成しています。この光応答性的人工塩基を組み込んだ操作用プローブDNAを用いることで天然にはないDNA分岐構造やDNAの末端が閉じたキャンピング構造を作り出すことに成功しています。また、DNAチップ上でこの光遺伝子操作を行うことで従来の100倍以上の正確さで人間の遺伝子を塩基レベルで解析することを可能としています。特にシアノピニルカルバゾール(cnvK)は秒単位で核酸類を光架橋できることを見出しています。このcnvKを含む光架橋により超高速プラスミド操作や任意の位置のシトシンをウラシルに変換できることを実証しています。遺伝子修復等の医学応用や産業面ではDNAチップ上での超高速遺伝子解析への応用が期待されています。



2. 核酸医薬(光による遺伝子発現制御)

核酸医薬は遺伝子を直接標的とする新たな医薬です。我々は光応答性人工核酸を組み込んだアンチセンス核酸を用いることにより、高い発現抑制効果を示すことを報告しています。また、光照射の場所・タイミングや照射エネルギーにより発現量を時間的に制御することにも成功しており、学術論文の表紙に採用されるなど、高く評価されています。抗がん剤としての応用も期待しており、精力的に研究を進めています。

3. 光ゲノム編集(遺伝子疾患治療に向けた核酸光編集)

核酸編集は遺伝子疾患に対する有用な治療法とされており、CRISPR/Cas システムや ADAR などが報告されています。藤本研究室では核酸光編集法(Photochemical RNA editing)を報告しており、光架橋・脱アミノ化反応・光開裂の一連の操作により配列選択的に標的のシトシンをウラシルへと変換できます。酵素を用いない新たな編集法として注目されています。また、我々は光を用いたゲノム操作法も報告しており、両者を組み合わせることにより、光ゲノム編集が可能になると考えています。従来のゲノム編集を凌駕する高い配列選択性を有した新たな光ゲノム編集法の開発は遺伝子疾患の治療だけに留まらなと考え、光ゲノム編集法の開発を進めています。

主な研究業績

1. T. Sakamoto, Z. Qiu, M. Inagaki, K. Fujimoto, Simultaneous amino acid analysis based on 19F NMR using modified OPA-derivatization method, Anal. Chem., 92, 1669-1673 (2020)
2. K. Fujimoto, H. Yang, S. Nakamura, Strong inhibitory effects of anti-sense probes on gene expression through ultrafast RNA photo-cross-linking, Chem., Asian. J., 14, 1912-1916 (2019)
3. K. Fujimoto, S. Sasago, J. Mihara, DNA photo-cross-linking using pyranocarbazole and visible light, Org. Lett., 20, 2802-2805 (2018)

使用装置

DNA/RNA 自動合成機
共焦点レーザー顕微鏡
UPLC-HPLC
マイクロプレートリーダー
蛍光分光光度計

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/fujimoto/fujimotohp/>

私たちの研究の根本は DNA に関連した精密分子設計とこれに基づく合理的な精密有機合成の技術にあります。学生一人一人がそれぞれオリジナルの研究テーマに取り組む中で、基礎的な合成技術、解析技術ならびに科学的に物事を捉える視点を養います。その上で化学系企業、医療機器メーカー、医薬品関連企業との共同研究を体験し、研究者の社会貢献のあり方について肌で感じてもらいます。その他、研究室独自のプログラム(研究室セミナー、合同セミナー、技術スクールなど)も活用してもらうことで自立した研究者育成を目指します。



化学と生物の融合による 新たな人工タンパク質の創製

研究を始めるのに必要な知識・能力

タンパク質や遺伝子に興味を持っていること。生物化学・有機化学に関する基礎的な知識や実験技術が必要になりますが、入学後に修得することも可能です。

この研究で身につく能力

遺伝子工学・タンパク質合成・有機合成・蛍光分析などに関する専門的な知識と実験技術を修得することができます。また研究活動を通じて、実験計画の立案・関連研究の調査・実験データの取得と分析・研究成果のまとめとプレゼンテーション、に至る一連の研究プロセスを学ぶことができます。これらの能力は、技術者・研究者としていずれも必要不可欠なものです。

【就職先企業・職種】化学・生物関連企業、研究機関

研究内容

遺伝子工学・タンパク質合成などの生物化学的手法と、有機合成などの化学的手法を組み合わせることで、新たな人工タンパク質の創製を目指して研究を行っています。具体的には、以下のような研究テーマを進めています。また、研究室で得られた成果を企業と共同で実用化するための研究も行っています。

1. 遺伝暗号の拡張による非天然アミノ酸のタンパク質への導入

タンパク質は DNA の遺伝暗号に従ってアミノ酸が連なって合成され、それが精密な立体構造を形成することで、高度な機能を発揮しています。しかし生物が使用しているのはわずか20種類のアミノ酸のみです。私たちは、この20種類の制限を超えて、人工的に合成した「非天然アミノ酸」をタンパク質の特定部位に導入することのできる、新たな技術の開発に成功しています。これは、4塩基コドンなどの拡張遺伝暗号に非天然アミノ酸を割り当てる(図1)、という新しい概念によって達成されています。

2. 新たな機能を持つ人工タンパク質の創製

上記の技術を利用することで、新たな機能を持った人工タンパク質の創製を進めています。例えば、抗体などの特定の分子を認識して結合するタンパク質に、蛍光分子を付加した非天然アミノ酸を導入することで、蛍光により標的分子を検出できるタンパク質センサーを合成できます(図2)。また、非天然アミノ酸の導入技術を利用することで、新しいタンパク質医薬品の合成も試みています。これらの研究の一部は、企業・研究機関との共同研究により進めています。

3. 生物の潜在能力を利用した新たなバイオ技術の開発

非天然アミノ酸のタンパク質への導入技術は、生物がもともと持っている潜在能力を、人工的に引き出して活用したものと言えます。私たちは、そのような生物の持つ潜在能力を新たに見つけ出し利用することで、人工タンパク質などの有用物質を合成することのできる、新たなバイオ技術の開発にも挑戦しています。

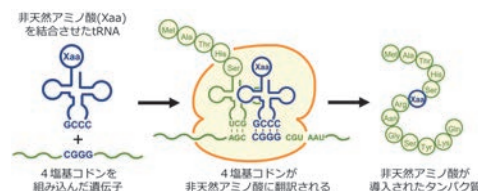


図1. 4塩基コドンを有した非天然アミノ酸のタンパク質への導入

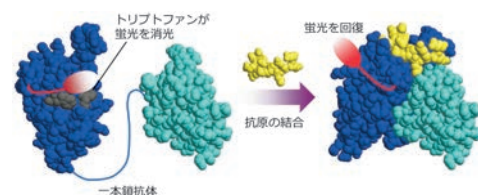


図2. 抗原分子を検出できる蛍光抗体センサーの例

主な研究業績

1. A. Yamaguchi, T. Hohsaka, Synthesis of novel BRET/FRET protein probes containing light-emitting proteins and fluorescent nonnatural amino acids, Bull. Chem. Soc. Jpn., 85, 576-583 (2012).
2. R. Abe, H. Ohashi, I. Iijima, M. Ihara, H. Takagi, T. Hohsaka, H. Ueda, "Quenchbodies": Quench-based antibody probes that show antigen-dependent fluorescence, J. Am. Chem. Soc., 133, 17386-17394 (2011).
3. 芳坂貴弘、非天然アミノ酸のタンパク質への導入技術ーバイオメディカル応用に向けて、メディカルバイオ別冊, 72-77 (2010).

使用装置

蛍光分析装置(分光光度計・蛍光寿命測定・蛍光スキャナなど)
遺伝子解析装置(DNA シーケンサー・リアルタイム PCR など)
質量分析装置

研究室の指導方針

人工タンパク質に関連した研究テーマに対して、実験を通じて新たな成果を挙げるとともに、その研究プロセスを修得することを目標としています。具体的には、各自の研究テーマに対して、実験を試行錯誤的に繰り返す過程を通じて、実験計画の立案、結果の解釈と問題点の把握、次の実験計画へのフィードバック、などを独力で遂行できる能力を鍛錬します。そのために、研究室ゼミでは定期的に研究報告会を開催して、進捗状況の確認と指導・助言を行います。また、研究成果は積極的に学会等で発表する機会を設けています。

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/hohsaka/>



分子センサーを創り、 生きた細胞の活動を読み取る。

研究を始めるのに必要な知識・能力

(予備知識)分子・細胞生物学や電気回路の基礎などを理解しているとスムーズに研究を開始できますが、初学者にも丁寧に指導します。
(求める人材)実験が好きな人。決められた実験を行うだけでなく、試行錯誤や寄り道の楽しさを理解している人。

この研究で身につく能力

分子・細胞生物学、基礎生理学、生物物理学に関する基本的な研究方法や実験手技を理解し、体得します。多くの生命現象が未だに謎に包まれたままである中で、さまざまな生命現象の仕組みや分子の基礎がどのようにして解明されてきたかを学びます。新しい技術を創り出し、今までアクセス不可能だった領域に踏み入る道を切り開く面白さや意義を学びます。こうした新しい領域の探索を通じ、生命現象の理解のみにとどまらず、長期的には社会や産業にいかに関与し技術革新を起こしていくかを考える能力を身につけます。

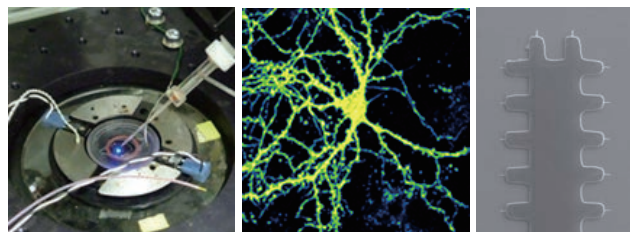
【就職先企業・職種】医療、光学、電気、IT、食品、公務員など

研究内容

生命現象は驚くほど緻密に制御されていますが、その背後にはどのような分子の「仕組み」があるのでしょうか？ そんな素朴な疑問を大切に、その「仕組み」を今までにない技術革新につなげるような研究を行っています。本研究室では、以下の2つのトピックを中心に据えています。

【細胞の活動を観る・測る】

脳神経系は究極の生体組織です。回路を構成する細胞の、わずか数 nm の細胞膜に、0.1V 程度の電圧信号が発生します。この信号は回路網を素早く伝播し、自律的に組織化され、同時に処理されます。この過程を理解することは、現代科学の大きな挑戦であり、さらにその先にはさまざまな病態の理解、未知の情報処理アルゴリズムの解明、そして究極的には人工システムとの統合という展開も期待されています。しかし、そこには数多くの難関があります。例えば、現在の技術では生体電気信号の時空間パターンの詳細な計測が不可能であることは、最も根本的な難関となっています。一方で、生体はこの電気信号を解読するための仕組みを備えています。例えば、細胞膜には電圧に反応する特殊な蛋白質が存在し、電圧信号を増幅したり、それを解読して細胞内の環境を変化させたりしています。このような分子を部品のように巧みに組み上げれば、生体電気信号を可視化する人工膜電位センサーを創ることが出来ます。本研究室ではこれまでに単一細胞の単一スパイクの可視化に成功しており、みなさんとともに、さらなる高速・高感度化を目指したいと考えています。また、近年は微細加工技術を駆使した新しい計測原理などにも注力しています。多様な研究者

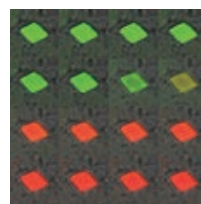


(左)分子センサーの性能試験の様子 (中央)分子センサーを発現した神経細胞
(右)微細加工技術で試作した細胞インターフェイス

や技術が集結する本学の資質を最大限に活用し、遊び心を大切にしながら新しい技術領域の創成を目指しています。

【蛍光タンパク質の多様な物性とその応用】

蛍光タンパク質の多様な物性は、細胞観測技術において様々な革新を与えてきました。研究室では新しい物性を開拓し、様々な応用へと展開していく研究を行っています。例えば、生きた細胞内で結晶を作ってしまう現象や、界面と呼ばれる特殊環境でのみ起きる不思議な物性をこれまでに発見してきました。これらの現象はタンパク質の高速構造決定や新しい細胞観察技術へと発展していく可能性を秘めており、さらに詳細な研究を行っています。



(左)細胞内で自発成長した蛍光タンパク質結晶の挙動
(右)直接構造解析の結果

主な研究業績

1. Arima et al., Induction of divalent cation permeability by heterologous expression of a voltage sensor domain., BBA Biomembrane, 1860, 981-990, (2018)
2. Tsutsui, H. et al., Improved detection of electrical activity with a voltage probe based on a voltage-sensing phosphatase. J. Physiol., 591, 4427-4437 (2013).
3. "Tsutsui, H. et al., A diffraction-quality protein crystal processed as an autophagic cargo, Mol Cell., 58:186-93. (2015).

使用装置

各種光学顕微鏡・走査型電子顕微鏡
電気生理・電気化学計測関連機器
薄膜作成・微細加工装置
細胞・組織培養関連機器
分子生物学関連機器

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/tsutsui/wordpress/>

研究は自由で楽しいものであるべきと考えるが、それもバックグラウンドの正しい理解や確かな実験技術に基づくはず。まずは正確な実験や観察が行えるようになる事に努めます。研究結果の定期的な発表(プロGRESSレポート)および論文紹介(ジャーナルクラブ)を通じてプレゼンテーション力を身につけます。英語専門書を一読選定して、輪読を行い、研究の背後にある概念や文化を理解する事にも重点を置きます。



人工細胞膜の形や動きを探索する

研究を始めるのに必要な知識・能力

リポソームの実験に興味を持って楽しく取り組めること、物理・化学の基本的な知識があることが望ましいです。

この研究で身につく能力

1. 人工細胞膜の実験技術
2. ソフトマターの物理化学に関する知識
3. 光学顕微鏡を主とする分析装置の取り扱い技術
4. 英語の学術論文を読み書きする力
5. 学会発表や修士・博士論文などで成果を表現する力

【就職先企業・職種】化粧品、食品、化学、機械、バイオ研究開発など

研究内容

両親媒性ソフトマターである脂質分子は、自己集合して膜を形成します。脂質膜は、2次元膜面内での相分離や、3次元空間でのベシクル変形などの多様な物理現象を示し、その構造は弾性エネルギーにより支配されます。生体細胞は、この脂質膜を器・界面として利用しています。ミトコンドリア・小胞体のような複雑な構造体を形成したり、膜の融合・分裂などのダイナミックな動きが物質輸送を行っています。また、脂質膜小胞は、ドラッグデリバリーや化粧品などの材料としての応用開発も進められています。私たちは、人工的に作製したマイクロメートルサイズの膜小胞(人工細胞膜、リポソーム、脂質ベシクル等と呼ばれる)を用いた実験により、膜の新奇現象を発見し、膜の新たな可能性を表現することを目的に研究を進めています。様々な膜の形や動きを創り出し、物理化学的な解析を使って、膜の世界を探索します。

1. 光コントロール

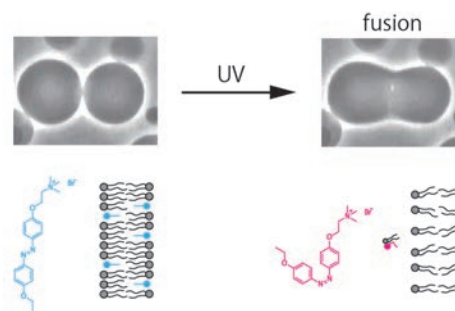
光応答性分子を膜に導入することで、膜の融合、相分離の生成・消滅、小胞の開閉(細胞のオートファジーに類似した動き)、膜の出芽(細胞のエンドサイトーシスに類似した動き)を光で制御できることを示しています。ナノメートル領域の膜分子の反応を、マイクロメートル領域の膜ダイナミクスに変換する機能システムを、膜の物性にに基づき設計します。

2. コロイドとの相互作用

膜とコロイド粒子の複合ソフトマターの秩序形成の実験を行っています。相分離した膜にコロイドを加えると、小さいサイズの粒子は秩序相へ、大きなサイズの粒子は無秩序相に分配されることを発見しています。また、膜への吸着度合いに依存して粒子の拡散係数が変化することや、膜に張力を加えることで吸着した粒子が膜を透過することを見出しています。

3. 力学応答

物理的刺激に対する膜ダイナミクスの実験を進めています。浸透圧によって膜の相分離が誘起されることを発見しています。刺激の強さ、温度、膜の分子組成などに依存した、膜の相分離状態を研究しています。



図：膜融合の光制御 (Langmuir 2017)。

主な研究業績

1. "Photo-induced fusion of lipid bilayer membranes" Y. Suzuki, et al., Langmuir, 33, 2671 (2017).
2. "Size-dependent partitioning of nano/micro-particles mediated by membrane lateral heterogeneity" T. Hamada, et al., J. Am. Chem. Soc., 134, 13990 (2012).
3. "Lateral phase separation in tense membranes" T. Hamada, et al., Soft Matter, 7, 9061 (2011).

使用装置

共焦点レーザー顕微鏡
蛍光・位相差顕微鏡

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL: <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/hamada>

私たちは、人工細胞膜の新奇現象を発見し、膜の新たな可能性を表現することを目的に研究をしています。研究活動を通して、基礎知識を活用し課題を解決する能力を養い、好奇心を持ち自ら調べ学ぶことの楽しさを経験してもらいたく思います。



タンパク質分子モーターで駆動する微小機械の開発

研究を始めるのに必要な知識・能力

平塚研究室ではタンパク質を使って人工の機械を作るという全く新しい研究分野を開拓しています。そのため分野を超えた幅広い知識が必要となりますが最も重要なことは「新しいものを作りたい!」という強い意識と「科学的な思考」です。専門的な知識は研究室で学ぶことができます。

この研究で身につく能力

本研究室では、バイオ・化学・微細加工技術・機械工学などを組み合わせた融合的な研究を進めています。融合研究を行うためには異なった専門分野を学んでいく必要があり、多くの学生は躊躇するかもしれませんが、しかし本研究室での研究開発の経験を通し融合領域では新しい発見や新しい可能性がたくさんあることを学び、専門分野間の垣根が低く感じるようになるでしょう。もちろん基礎的な知識なくして融合分野に取り組むことはできません。本研究室では大きさ数ナノメートルのタンパク質を人類が利用できるマイクロまたはミリメートルサイズの機械として組み立てる研究をしています。そのためにタンパク質や化学物質の分子レベルの構造やナノメートル空間での挙動を理解し、分子レベルから設計できる能力を身につけます。

【就職先企業・職種】 化学メーカー、機械メーカー、公務員など

研究内容

細胞は、大きさ数ナノメートルのタンパク質がその内部で働くことでさまざまな生命現象を生み出しています。タンパク質は一般に知られているような単なる栄養素の一つではなく「非常に精巧な分子機械」であり「細胞を構成する多彩な部品」です。本研究室では、タンパク質を分子部品として使うことによって、これまで人類が作り出してきた人工機械とは全く異なる夢の微小機械(マイクロマシン、微小ロボット)の創製に挑んでいます。

タンパク質は現在、食品や医療の分野で広く応用利用されています。しかし、これらは生体から発見された膨大な種類のタンパク質のごく一部にすぎず、タンパク質の応用技術はまだまだ発達途上の段階です。タンパク質は、炭素・窒素・酸素・水素というありふれた元素のみで構成されているにもかかわらず、筋肉に代表されるモーター機能をはじめ、光センサー、ナノ微細構造、発光、情報処理など従来の人工材料と類似した多様な魅力的な性質を示し、将来的には幅広い工業分野で応用利用できる高い可能性を持っています。平塚研究室ではタンパク質の中でも特に「動く」という機能をもった面白いタンパク質「モータータンパク質」に注目し、モータータンパク質で駆動する微小な機械の開発に取り組んでいます。

1) タンパク質で表示するディスプレイ

生き物には周囲の環境に合わせて体色を変化させる「保護色機能」を持つものがいます。これらの現象はモータータンパク質によって引き起こされています。本研究では微細加工技術とタンパク質工学を組み合わせ、保護色の分子機構を模倣した人工細胞を生体外に作り、世界初のタンパク質で駆動するディスプレイの開発に成功しました。

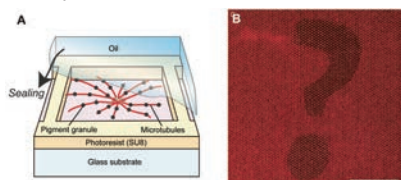


図1. モータータンパク質で駆動する世界初のディスプレイ

2) モータータンパク質・バクテリアで動く微小回転モーター

大きさ数十μmの微小な回転モーターもモータータンパク質やバクテリアを使って作製することに成功させています。これらは従来の人工モーターとは異なり糖やATPといった化学物質を燃料として動くユニークなモーターとして注目を集めています。

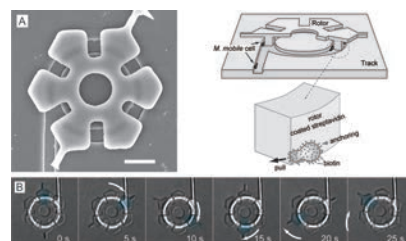


図2. バクテリアで駆動する回転モーター

主な研究業績

1. Susumu Aoyama, Masahiko Shimoike, and Yuichi Hiratsuka, Self-organized optical device driven by motor proteins Proc. Natl. Acad. Sci. (PNAS) vol. 110 no. 41, 16408-16413 (2013).
2. 平塚祐一、「生体分子モーターデバイス」ナノ融合による先進バイオデバイス 監修民谷栄一(CMC 出版)、71-78 (2011).
3. Y. Hiratsuka, M. Miyata, T. Tada and T. Q.P. Uyeda, Micro-rotary motor powered by bacteria, Proc. Natl. Acad. Sci. (PNAS) 103, 13618-13623 (2006).

使用装置

レーザー直接描画装置
フォトリソグラフィ装置
タンパク質精製および解析装置
高感度蛍光顕微鏡
細胞培養装置

研究室の指導方針

本研究室の学生には誰もが見たことがない・驚かれるような研究に挑戦してもらいたいと考えています。しかし、そのような研究を成功させるためには基礎的な知識はもちろんのこと論文による学習が必須となります。また自分自身で考え失敗にめげず何度も挑戦し、そして何よりも研究を楽しんでもらいたいと考えています。

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/hiratsuka/>



からだの中のコミュニケーションツール・糖鎖に挑む

研究を始めるのに必要な知識・能力

化学も生物も興味がある、という幅広い好奇心。新しい研究分野を創ることへの意欲。有機化学や物理化学、生化学などを扱いますが、その知識・技術は研究を通して身につけていくことができます。

この研究で身につく能力

当研究室が主な研究対象とする糖鎖は、創薬や医療のターゲットとして大きな注目を集めています。ところが、その取り扱いの難しさから、糖鎖に向き合った研究は多くはありません。既存のやり方にとらわれず、どうしたら問題を解決できるのか？自由な発想と論理的な思考によってプロジェクトを推進する力を身につけます。また、有機合成化学を中心に、分析化学やバイオテクノロジーなどの知識・技術を習得することができます。

【就職先企業・職種】化学・生物関連企業

研究内容

糖鎖 第3の生命分子鎖

糖鎖は、タンパク質・核酸とならぶ第3の生命鎖ともよばれ、私たちの生命活動の様々な場面で重要な働きをしています。例えば、糖鎖は細胞同士の接着をはじめ、生体内でのコミュニケーションにとって不可欠な役割を担っています。その一方で、糖鎖は、インフルエンザのようなウイルスの感染、がんの転移、さらにアルツハイマー病の発症にも深く関わっていることがわかりつつあります。また、バイオ医薬品の多くには糖鎖が関与しており、糖鎖は医薬品の特性に重要な因子としても注目を集めています。

糖鎖研究について

このように糖鎖は、創薬や医療のターゲットとして脚光をあびています。しかし、糖鎖の重要性が広く認識されてきたにもかかわらず、糖鎖そのものに対する研究はまだまだ発展途上です。例えば、多くのタンパク質のかたち(立体構造)が次々と明らかになってきているのに対し、糖鎖の3次元構造はほとんど未解明であるばかりでなく、アプローチすら十分に確立されていません。

糖鎖を知る 糖鎖を使う

私たちは化学的な手法を基盤にした多角的な実験を展開し、糖鎖研究に挑んでいます。糖鎖に構造情報取得のための化学プローブを導入することで、分子分光法による計測と分子シミュレーションを活用した立体構造解析を可能とし、水中で揺らめく糖鎖の姿を描き出すことに成功しました。さらに、細胞表面を覆う糖鎖を模倣したモデル化合物の合成や、糖鎖を応用した細胞機能の制御にも挑戦しています。

化学と生物学の融合 その先を目指して

ライフサイエンス全体でみても、糖鎖をいかに取扱うかは今後の大きな課題となってきています。化学と生物学の融合による糖鎖研究を進展させることを通して、新たなサイエンスの地平を切り拓き、社会に貢献していきたいと考えています。

糖鎖は柔軟な構造をもち、水中で絶えず揺らいでいます。糖鎖と生体分子の相互作用は、とてもダイナミックな過程で進行します。図は、細胞の中でタンパク質の運命決定に関わる糖鎖の化学構造と立体構造モデルです。実験とコンピュータシミュレーションを組み合わせ、その姿を明らかにすることができました。

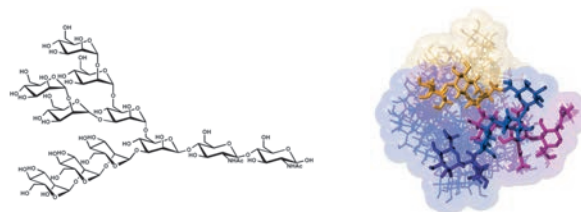


図1. 糖鎖の3次元構造

主な研究業績

1. Dynamic views of the Fc region of immunoglobulin G provided by experimental and computational observations, S. Yanaka, R. Yogo, R. Inoue, M. Sugiyama, S. G. Itoh, H. Okumura, Y. Miyanoiri, H. Yagi, T. Satoh, T. Yamaguchi, K. Kato, *Antibodies*, 8, 39, 2019.
2. Synthetic approach to biomolecular science by cyborg supramolecular chemistry, K. Kurihara, M. Matsuo, T. Yamaguchi, S. Sato, *BBA - General Subjects*, 1862, 358-364, 2018.
3. Molecular dynamics of gangliosides, T. Yamaguchi and K. Kato, *Methods Mol. Biol.* 1804, 411-417, 2018.

使用装置

核磁気共鳴(NMR)スペクトル測定装置
高速液体クロマトグラフィ
質量分析計
大規模計算機

研究室の指導方針

[研究室HP] URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/t-yamaguchi/>

卒業研究の際、自分で合成した分子の完成をはじめて確認したときのドキッとした感覚は今でも覚えています。何かを新しくつくることへの意欲を大切にしたいと思います。また、実験データやアイデアについて研究室の仲間と相談することや、学会で研究成果を発表し議論することなど、研究を通じたコミュニケーション能力の向上を重視します。これだけはゆずれない！という自分の幹を太く育てながら、広く科学を学んでいきます。



ソフトマター物理による 生体分子秩序形成の解明

研究を始めるのに必要な知識・能力

必要となる前提知識は特に求めません。生物に対して、物理・化学のアプローチを用いて研究していますので、自分の得意な分野を研究で活かしてもらうことを望みます。物理・化学・生物以外の分野からでも研究に取り組めるよう配属後は丁寧に指導していきます。

この研究で身につく能力

生体分子に対して、物理・化学の手法を用いますので、物理・化学・生物について広く学んでもらいます。実験においては、知りたいことに対してどのような実験をすればよいかといった計画の立て方、得られた結果から分子レベルで何が起きているかをイメージする訓練、わからない課題に対する文献検索方法、結果や成果を分かりやすく伝える資料作成やプレゼンテーション方法を磨いてもらいます。

【就職先企業・職種】化粧品、化学、食品など

研究内容

高分子・液晶・コロイド・両親媒性分子・生体分子などはソフトマターと呼ばれており、その基礎物性、非平衡条件下での振る舞いなどは物理学から興味を集めています。生体内での重要な分子や構造の多くはソフトマターに大別されるため、ソフトマター物理は生体機能の理解において強力なツールとなります。代表的な両親媒性分子であるリン脂質は水中で自発的に脂質二重膜構造を形成し、細胞膜・生体膜と同一の構造となります。我々はこの脂質二重膜で起きる秩序形成を物理化学的に解き明かし、細胞膜・生体膜での生物学的機構の理解に繋げることを目標にしています。

1. 静電相互作用が支配する秩序形成

負に帯電したリン脂質は膜電位の発生、タンパク質の吸着、チャネルの活性などにおいて重要な働きをしていますが、それらが膜の秩序形成においてどのような働きをしているかについては十分に理解されていません。我々は負に帯電したリン脂質と膜面での相分離現象・膜変形との関係を実験・理論計算・計算機シミュレーションにより多角的に研究を進めています。実験では負電荷脂質間の静電反発や溶液中にある正の電荷を有した分子と負電荷脂質との静電引力などをコントロールし、様々な秩序構造を形成することを目指しています。理論では自由エネルギー計算に基づき、静電相互作用が相挙動に及ぼす影響を考察しています。シミュレーションは粗視化分子動力学シミュレーションを用いて負電荷脂質の振る舞いや他の荷電分子との相互作用に関して調べています。

2. 添加分子が支配する秩序形成

脂質膜へ様々な分子を添加し、その際に形成される秩序構造の違いから添加分子の効果を明らかにする研究を行っています。例として、パルミチン酸やオレイン酸などの脂肪酸を膜に添加した際の相分離構造、膜変形の様子を実験により観察しました。脂肪酸は生活習慣病をはじめとする様々な疾病との関係性が議論されており、特にコレステロールの増減とリンクしていると考えられています。我々はコレステロールと脂肪酸との相互作用が秩序構造形成においてどのような働きを担っているかを考察しています。

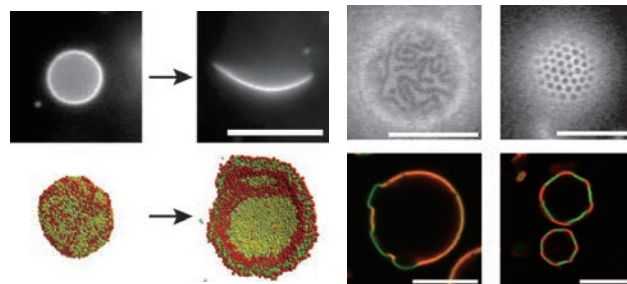


図1.
(上)荷電脂質膜での自発的な膜孔形成
(下)シミュレーションによる再現

図2.
(上)脂肪酸による特徴的な相分離パターン
(下)脂肪酸による自発的膜変形

主な研究業績

1. N. Shimokawa, R. Mukai, M. Nagata, M. Takagi, "Formation of modulated phase and domain rigidification in fatty acids-containing lipid membranes" Phys. Chem. Chem. Phys., 19, 13252 (2017).
2. N. Shimokawa, H. Himeno, T. Hamada, M. Takagi, S. Komura, D. Andelman, "Phase diagrams and ordering in charged membranes: Binary mixtures of charged and neutral lipids" J. Phys. Chem. B, 120, 6358 (2016).
3. H. Himeno, H. Ito, Y. Higuchi, T. Hamada, N. Shimokawa, M. Takagi, "Coupling between pore formation and phase separation in charged lipid membranes" Phys. Rev. E, 92, 062713 (2015).

使用装置

共焦点レーザー顕微鏡
蛍光、位相差顕微鏡
示差走査熱量測定装置
ラングミュア単分子膜製膜装置
並列計算機群

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/takagi/>

研究室では以下の3点に重きを置いて指導していきます。

1. 主体性：自ら研究計画を立てアイデアを出し、責任を持って研究を遂行し成果を発信していく
2. 客観性：独りよがりな考え方にならず、教員・他学生・他研究者の意見を聞き、客観的に研究を見つめ改善していく
3. 協調性：他学生とも情報を共有し、協力しながら切磋琢磨する

研究室セミナーでは研究報告、論文紹介、進捗状況報告を行います。定期的な学会発表も行ってもらいます。卒業を最終目標とするのではなく、学術論文としてまとめられるレベルまで研究を仕上げることを目指してもらいます。



生物に学ぶ自立分散システム

研究を始めるのに必要な知識・能力

非線形科学、生物物理、ソフトマター物理を学んだことがあるとこれまでの研究内容が理解しやすいです。また、微生物の運動に関する実験経験や機械学習を使った画像解析、画像分類、時系列解析などの経験があれば、スムーズに研究が始まります。ただし、これらは必須ではなく興味がある方を歓迎します。

この研究で身につく能力

非線形科学、生物物理、ソフトマター物理の知見を使った生き物の研究手法や解析手法を学ぶことができます。また、化学・生物学やソフトロボット学の研究者と共同研究を行っており、様々な分野の研究手法を学ぶことができます。そして同時に多種多様な分野を融合させた研究の展開方法を学べます。

【就職先企業・職種】 大学研究員、食品、化学

研究内容

魚と鳥は異なる生物種であるにもかかわらず、群運動には同様の構造が見られます。このような自発運動する生物の集団と無生物の自走粒子の集団とを統一的に記述できることが明らかになってきました。本研究室では様々な生物集団の中にある統一原理を明らかにしつつ、その原理を利用した無生物の自走粒子からなる自立分散システムの実現を試みています。そして、ソフトロボット学の研究者と共同でそのシステムを用いた機能実現を目指しています。具体的には下のような研究を行っています。

1) 生物の運動

様々な生物運動を観察および解析し、普遍則をいくつか明らかにしてきました。例えば大腸菌を使い、理論的に予言されながら20年以上現実の実験系では見られていなかった幾つかの普遍則の観察に成功しました。また、線虫とシアノバクテリアの集団運動の研究を進めており、これらの異なる生き物の集団運動が共通の数値モデルで記述できることを明らかにしつつあります。2019年に発表した線虫に関する研究結果はNHKなどの大手メディアで報道されるなど大きな注目を浴びています。

今後は統一原理の研究を続けながら、生物集団の運動制御について研究していく予定です。これまでに光遺伝学を用いて線虫集団に光刺激に対する応答性をもたせることに成功しています。また、植物の遊泳微生物であるクラミドモナスを用い、光刺激を通じた遊泳の制御を試みています。これらの運動の刺激応答を数値モデルのシミュレーションを使って予想し、実際の応答挙動と比較しながら制御アルゴリズムを組み立てていきます。

2) 無生物の自走粒子

生物の集団運動の統一原理を使った自律分散システムを実現するために、様々な無生物で自発運動する系を研究しています。

これまでに脂質の自己組織化構造である人工細胞膜や水性ゲルの交流電場による自発運動を実現しました。また、ガラスに固定されたモータータンパク質に駆動される棒状タンパク質の集団運

動を研究し、線虫など幾つかの生物集団と同様の構造を作ること明らかにしました。モータータンパク質はマイクロメートルスケールで大きな力を出ることができる数少ない材料の一つです。生き物集団の研究を応用し、棒状タンパク質を使った微小空間での効率的な物質分配などの機能実現を目指します。

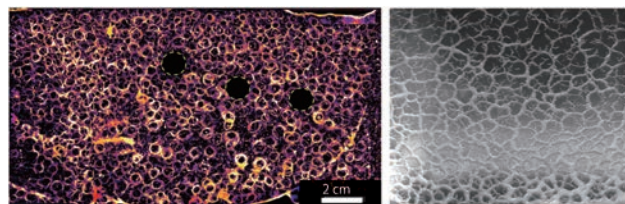


図1. ガラスに固定された分子モーターに駆動される微小管の集団運動(左図)とC. elegansの集団運動(右図)。これらは共通の数値モデルでよく再現される。

主な研究業績

1. T. Sugi, H. Ito, M. Nishimura, and K. H. Nagai, C. elegans collectively forms dynamical networks. *Nat. Commun.* 10, 683 (2019).
2. K. H. Nagai, et al., Collective Motion of Self-Propelled Particles with Memory. *Phys. Rev. Lett.*, 114, 168001 (2015).
3. Y. Sumino, et al., Large-scale vortex lattice emerging from collectively moving microtubules. *Nature*, 483, 448–452 (2012).

使用装置

蛍光顕微鏡、位相差顕微鏡、実体顕微鏡
生物培養装置
大規模計算機

研究室の指導方針

【研究室HP】 URL : <https://sites.google.com/site/inonakanokaeru/>

本研究室での研究経験を様々な状況で活かすために、行っている研究を論理的に伝える能力の育成を目指します。そのために、こちらからただ指示を与えるのではなく、可能な限り議論をしながら研究の方向性を決めていきたいと考えています。議論の機会を確保するために毎週プロブレムミーティングを開き、研究活動の一つ一つについてなぜ行っているのかを確認しながら進めていきます。またミーティング以外でも日頃から難易を問わず研究の問題点を議論し、問題解決法をともに探していきたいと考えています。論理的に伝えるためにはバックグラウンドの知識も必要となりますので、実験方法を指導する際にはただやり方を教えるだけでなく、装置の原理や一つ一つの操作を行う理由を丁寧に説明していきます。



バイオ医薬品創製を志向した 新バイオ技術の開発

研究を始めるのに必要な知識・能力

化学と生物に興味があり、実験が好きの方が望ましいです。研究を進めるうえで遺伝子工学・タンパク質科学・有機合成化学と幅広い知識と技術が必要になりますが、これらは研究を進める過程で身につけてもらうことができます。

この研究で身につく能力

本研究室では、遺伝子工学・タンパク質科学・有機合成化学・細胞培養などの幅広い知識と技術を用いて研究を進めますので、これらの専門的な知識と技術を修得することができ、さらに多角的に物事に取り組む力を身につけることができます。また、研究活動を通じて論理的な研究構成能力や問題解決能力を身につけられるように指導していきます。

【就職先企業・職種】 化学・生物関連企業など

研究内容

タンパク質に蛍光基や光応答性分子などの機能性分子を付加することで、タンパク質に人工機能を付与することが可能となっています。これまで私たちは、タンパク質の人工機能化の技術として、非天然アミノ酸のタンパク質への部位特異的導入技術およびタンパク質の部位特異的修飾技術の開発を独自に進めてきました。そして現在は、これまでの研究成果や発見を活かすことで、バイオ医薬品の創製を目指した新規手法の開発に取り組んでいます。具体的には以下のような研究テーマを進めています。

1. 部位特異的に薬剤を結合させた抗体薬物複合体の開発

抗体に抗がん剤などの薬剤を結合させた「抗体薬物複合体」は、抗体の高い抗原特異性を利用して標的細胞に薬剤を効率よく送達することが可能となっています。しかし、これまでの抗体薬物複合体の合成方法は抗体のリシン側鎖やシステイン側鎖にランダムに薬剤を修飾することが一般的であり、抗体の活性が低下することが懸念されていました。そこで、私たちが独自に開発を進めてきたタンパク質の部位特異的化学修飾法を抗体薬物複合体の合成に応用することを進めています(図1)。さらに、有機合成を使用して薬剤に光応答性の機能を付与することで、光照射によって標的細胞のみで薬剤が放出される抗体薬物複合体の開発も行っています。そして、これらの手法が抗体薬物複合体の創製技術として実用化されることを目指して研究に取り組んでいます。

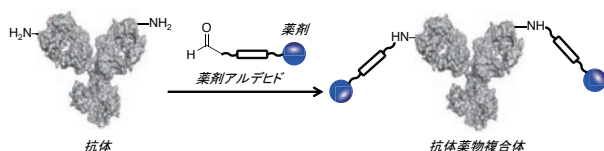


図1. 部位特異的に薬剤を結合させた抗体薬物複合体の合成

2. タンパク質発現を促進させる新技術の開発

糖尿病治療薬のインスリンや肝炎治療薬であるインターフェロンのようなタンパク質性のバイオ医薬品は、遺伝子工学的手法を応用し微生物や動物培養細胞で合成するのが一般的です。しかし、タンパク質の種類によっては生細胞内における合成量が低く、タンパク質の発現効率を高められる一般的かつ幅広く適用可能な手法が必要とされています。そこで私たちは、メッセンジャーRNA (mRNA) の高次構造がタンパク質の発現効率に関与している点に着目し、mRNAの高次構造を制御することでタンパク質の合成量を向上させることを目指して研究を進めています。

3. 非天然アミノ酸を導入したバイオ医薬品の分子進化的創製

私たちはこれまでに、無細胞翻訳系を封入したリボソームを利用して、アミノアシル tRNA 合成酵素変異体の分子進化が可能な技術を開発しました(研究業績2)。そこでこの技術を発展させて、リボソーム内において非天然アミノ酸を導入したバイオ医薬品を分子進化により取得することで、活性を向上させた新たなバイオ医薬品の創製を目指して研究を行っています。

主な研究業績

1. K.P. Huynh Nhat, T. Watanabe, et al., Antibody-based fluorescent and fluorescent ratiometric indicator for detection of phosphotyrosine. J. Biosci. Bioeng., 122, 146-154 (2016).
2. A. Uyeda, T. Watanabe, et al., Liposome-based in vitro evolution of aminoacyl-tRNA synthetase for enhanced pyrrolysine derivative incorporation, ChemBioChem 16, 1797-1802 (2015).
3. 渡邊貴嘉、非天然アミノ酸導入技術を利用したタンパク質の部位特異的 PEG 化法の開発、日本化学会 生体機能関連化学部会 ニュースレター、Vol.28, 11-14 (2013).

使用装置

高速液体クロマトグラフィー、質量分析装置
蛍光スキャナー、細胞培養装置

研究室の指導方針

本研究室では、化学と生物の知識と技術を融合させることで独創的なバイオ医薬品の創製技術の開発を目指しています。そのために研究室配属後は、各自の研究テーマを進めるために必要な幅広い知識と実験技術を丁寧に指導することで基礎固めをしっかり行い、その過程で異なる分野を融合させて研究を進める意義を理解してもらえようような指導を心掛けています。基礎を固めたあとは指示を徐々に減らしていくことで学生自らが物事を考え、そして試行錯誤しながら主体的に物事に取り組む力を身につけられるような指導を行います。さらに、研究室内におけるディスカッションや研究成果の学会等での発表機会を積極的に設けることで、社会に出ても通用するコミュニケーション能力を身につけた学生の育成を目指しています。

[研究室HP] URL: <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/hohsaka/>





国立大学法人
北陸先端科学技術大学院大学

〒923-1292 石川県能美市旭台 1-1
<https://www.jaist.ac.jp>
教育支援課 学生募集係
TEL 0761-51-1966
E-mail nyugaku@ml.jaist.ac.jp

