



SEEDS

CHITOSE INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

研究シーズ集

理工学分野における
グローバルな異分野融合研究に向かって



最近、ビッグデータや人工知能といったキーワードを、様々な局面で見かけます。さらには、次世代半導体という言葉も、周りから聞く機会が、どんどん増えています。人工知能や、半導体に関する研究分野は、昔から重要な専門分野として考えられていましたが、Digital Transformation (DX) 化や Green Transformation (GX) 化の大きな流れを背景に、このような研究分野が見直され、新しい領域として、若手の研究者に引き継がれてゆくを見るのは、大変良いことではないかと感じています。

本学の理工学部には、応用化学生物学科と、電子光工学科、情報システム工学科の3学科があり、大学院は、その3学科の分野を包括する理工学研究科理工学専攻となっています。学部では、上記の研究分野に強く関連する基礎的な内容を勉強し、大学院では、多くの学生が DX・GX に関連する研究分野で自分の研究を進めています。

公立化してから、本学では、「研究力の充実」や「国際連携の強化」を、明確な形で学内外に発信しており、そのため大学院組織の見直しのほか、優れた教員の採用や、国内外の学外教員との共同教育・研究を進めています。また、多様化するこれからの社会を適切に支えてゆくための、異分野融合研究を積極的に進めています。

本学の研究活動については、ホームページ等で紹介しておりますが、より多くの皆様の手が届くよう、各教員の活動をわかりやすく紹介するため、本資料を作成いたしました。この小冊子が皆様と大学をつなぐきっかけとなることを心から願っております。

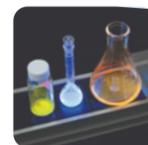
公立千歳科学技術大学 理事長・学長

宮永喜一

公立千歳科学技術大学の理工学部

9つの領域

自然科学の基礎研究を担う「理学」と、アイデアを形にするために不可欠な「工学」の基本科目をしっかり学ぶため、共通基盤となる9つの分野を学べるカリキュラムを編成しています。



応用化学



材料科学



環境・生物工学



応用物理学



電気電子工学



情報通信工学



情報工学



ソフトウェア工学



サービスデザイン

沿革

- 1998年 千歳科学技術大学開学(光科学部/物質光科学科、光応用システム学科)
- 2008年 総合光科学部設置
(バイオ・マテリアル学科、光システム学科、グローバルシステムデザイン学科)
(光科学部を改組)
- 2015年 総合光科学部(バイオ・マテリアル学科、光システム学科)を
理工学部(応用化学生物学科、電子光工学科)へ名称変更
- 2016年 理工学部情報システム工学科設置(グローバルシステムデザイン学科を改組)
- 2019年 公立千歳科学技術大学開学
(理工学部/応用化学生物学科、電子光工学科、情報システム工学科)
- 2021年 大学院光科学研究科光科学専攻を理工学研究科理工学専攻へ名称変更

応用化学生物学科

学びの領域

応用化学

環境・生物工学

材料科学

応用物理学

KEY WORD

- バイオメディカル
フォトンクス
- バイオミメティクス
- ナノテクノロジー
- 液晶科学
- 高分子科学
- レーザ工学
- 錯体化学
- ナノカーボン

学科の特長

化学・生物学を軸に素材、医療、食品、環境など幅広い分野に柔軟に対応できる知識・技術を修得。

有機化学や物理化学などの化学系基礎科目と、生化学や分子生物学などの生物系基礎科目を軸に、理工学の基礎を養います。3年次からは、化学の理論や現象を応用した新物質の開発や材料の高性能化を目指した「応用化学分野」と、生物の優れた仕組みの活用や環境問題を解決し医療分野に貢献するための研究を行う「環境・生物工学分野」のいずれかを選択。素材、医療、食品、環境など多岐にわたる分野への応用を目指していきます。さらに、プログラミングのスキルも修得することで、エンジニアとしての基礎をより強固にします。

電子光工学科

学びの領域

応用物理学

電気電子工学

情報通信工学

KEY WORD

- エレクトロニクス
- 通信工学
- 光ファイバ
- ロボット工学
- 画像工学
- 福祉工学

学科の特長

光サイエンスとエレクトロニクスの最先端を学び、「ものづくり」「システムづくり」の担い手に。

現代社会に欠かせない光サイエンスと電気電子工学の領域について、それぞれの基礎を幅広く学修。その上で学生の興味・関心に合わせて、「オプトエレクトロニクス分野」「通信・ロボティクス分野」の専門知識を身につけることで、次世代の「ものづくり」の発展を担うエンジニアを育成します。同時に、多様化するニーズに応えていくためにはデバイス同士を結びつける「システムづくり」も欠かせないことから、必要とされる知識とスキルを基礎から最先端まで学び、実践的な能力も磨いていきます。

情報システム工学科

学びの領域

情報通信工学

情報工学

ソフトウェア工学

サービスデザイン

KEY WORD

- インターネット
- 知識工学
- ICT教育システム
- 人間工学
- コミュニケーション情報学
- メディアデザイン学
- 光応用計測
- 光伝達工学

学科の特長

ソフト・ハード両面の技術と知識を身につけ、問題解決に力を発揮できるリーダーを育成。

情報理論から情報通信ネットワーク、ソフトウェア工学、サービス科学・工学などの専門知識を学修し、「情報通信応用分野」「ICTソリューション分野」「サービス科学・工学分野」を専門とする人材を育成します。情報系技術を活用してさまざまな問題解決に挑む力を身につけるため、プロジェクト系科目を開講。地域や観光の問題解決を目指してチームで取り組む経験をすることで、技術リーダーに必要な知識・技術、論理的思考力を磨き、幅広い分野で企画・設計・開発に取り組める総合力を養います。

応用化学生物学科

DEPARTMENT OF APPLIED CHEMISTRY AND BIOSCIENCE

INDEX

- 001 井手研究室 ————— 7p
水文学・水質化学
- 002 梅村研究室 ————— 9p
レーザー技術・波長変換技術
- 003 大越研究室 ————— 11p
高分子液晶の合成と光学素子への応用
- 004 カートハウス研究室 ————— 13p
有機ナノテク・高分子科学
- 005 木村研究室 ————— 15p
高分子化学・分子分光学・分析化学
- 006 坂井研究室 ————— 17p
物性化学・機能性化学・蛍光色素
- 007 平井研究室 ————— 19p
バイオメテックス
- 008 高田研究室 ————— 21p
カーボンおよび関連材料の化学と応用
- 009 谷尾研究室 ————— 23p
透明ポリマー材料・高分子オプティクス
- 010 堀野研究室 ————— 25p
有機化学
- 011 諸橋研究室 ————— 27p
デジタル×生物学
- 012 脇坂研究室 ————— 29p
量子・ナノ

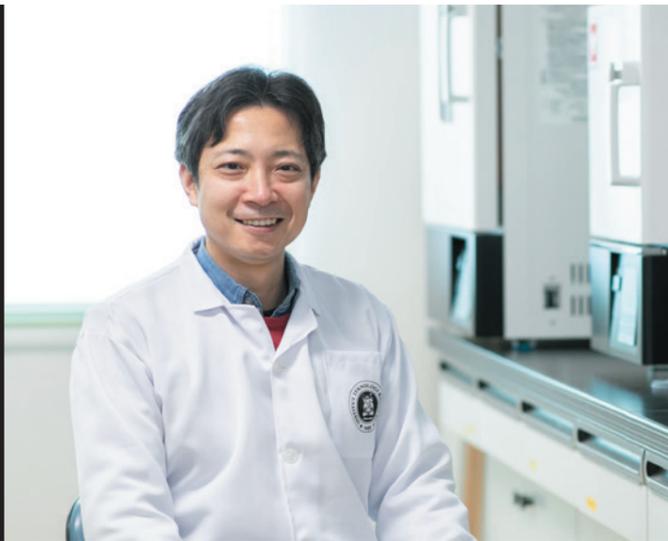


森林が水にもたらすさまざまな影響を 明らかにするため、まずフィールドへ。

001 Ide LABORATORY 井手研究室

准教授・博士(農学) 井手 淳一郎

- 専門分野 水文学、水質化学、安定同位体解析、超高分解能質量分析法による環境解析
- 九州大学農学部生物資源環境学科卒業
- 九州大学大学院生物資源環境科学府森林資源科学専攻博士後期課程修了



APPEAL POINT
アピールポイント

森林の水質形成機構の解明を通して、森林が流域環境や人々の生活に果たす役割を研究。先端の分析技術を使ってさまざまな環境の水の中の物質を解析し、その起源と動態を探っています。研究を通じて日本の森林の将来の在り方や水資源利用について提案していきます。

川や森などのフィールドワークから研究を開始。研究の場はキャンパス周辺から海外へも。



千歳川に支笏湖、美々川 研究対象は身近なところにも

興味を持っているのは、森林の種類や管理形態が流域全体の水・物質循環にもたらす影響と、その結果としての河川の水量・水質の変化。これをテーマに国内外でフィールドワークを重ね、研究に取り組んでいます。これまでの研究には、「森林の管理と種類が河川の窒素・リン濃度および流出量に及ぼす影響の評価」「超高分解能質量分析法を用いた森林の溶存有機物の構成種とその変動メカニズムの解明」などがあります。

学生たちと一緒に、新たな研究にも取り組もうとしています。例えば、千歳川の水量・水質などの変動から、自然環境の中での物質循環を調べ、千歳市のシンボルである支笏湖との関係も含めて研究していく考えです。また、キャンパスのすぐ近くに美々川や雑木林があるので、採水瓶を置いて雨を採取し、森林を通過した雨とそうではない雨を比較して、大気と森林のインタラクションを調べようと思っています。大気から森林への物質沈着には大きく2通りのプロセスがあり、一つは雨とともに来るもの。もう一つは、天気の良い日に葉にくっついたガスやエアロゾルが雨で洗い流されるもの。それらをキャッチしやすい形状の葉があれば、酸性物質等に影響されやすい種類の植物もありますから、調査や分析が必要です。ほかに、北海道胆振東部地震で土砂災害があった厚真町で他大学との共同研究にも参加。崩壊地での土砂や水の量の計測などがされている中、私は水質を追跡子として、水の流出プロセスの違いによって土砂や水の量はどうか変わるかを調べる予定です。さらに、超高分解能質量分析法の活用も検討中です。この方法を使うと、有機物の種類がものすごくたくさん分かります。植生が豊富な方が有機物は多いはずですから、崩壊地の植生が回復するプロセスで、水に含まれる有機物の組成の変化を指標にすることができれば、川の水を採るだけで回復の状態が分かるかもしれない。まだアイデアの段階ですが、試してみたいと考えています。

フィールドワークで得たデータから何を見いだすか

研究室には、フィールドワークに魅力を感じ

る学生が集まっています。フィールドワークは一人ではできませんから、チームワークが欠かせません。協調性や思いやりが必要です。また、フィールドワークは安全第一なので、日頃のリスク管理ができる素養も身につけられるのではと思います。

もう一つ身につけてほしいのは、机に向かって集中して作業できる能力。フィールドワークをすれば必ず何かしらデータは取れますから、それをどういう切り口でまとめるかが研究では問われることになり、デスクワークも重要になります。研究は、日常的にはそんなに面白いものではないので、解析の段階は苦しいかもしれません。それでも自主的にコツコツと取り組んだ先に、何か面白いものが見えるかもしれません。

私にとって研究の面白さは、科学を使って「見る」こと。目では見えないもの、感じ取れないものをさまざまな分析機器を使うことで視覚化する。最初に得られるのは数値情報ですが、それを解析して何かが見えてくることこそ醍醐味だと感じます。

SEEDS

研究テーマ 森林の水質浄化機構の解明、最新の技術を用いた水・物質動態の解明など

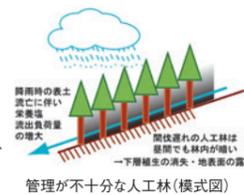
森林の種類や管理形態が流域全体の水・物質循環にもたらす影響と、その結果としての河川の水量・水質の変化に興味を持って研究に取り組んでいます。

日本には多くの人工林が存在しますが、それらの大部分は十分な管理が行われていません。そのような森林の土地利用が下流の河川の水量や栄養塩濃度の変化にどのタイミングでどのくらい寄与しているのかを、気象・水文・水質観測を基礎に、安定同位体解析や超高分解能質量分析法を用いて明らかにしていきたいと考えています。

さらに、水文学の知見やツールを森林の地下水涵養機能の評価や遠隔地における小水力発電の持続的な運用等、地域の自立的発展に貢献できるような実践的な研究に活用していきたいと考えています。

森林の管理と種類が河川の窒素・リンの濃度および流出量に及ぼす影響の評価

非管理人工林を擁する森林小流域からの窒素(N)、リン(P)の年間流出量を、出水時のN、P濃度に関する時間変動特性(流出特性)を踏まえて定量化することを目的に研究。気象・水文・水質観測を用いた森林小流域による評価では、非管理人工林がN、Pの供給源となることを示しました。



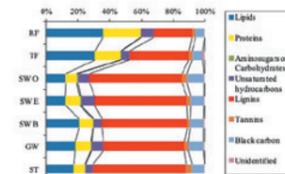
さまざまな土地利用(森林、農地、宅地等)を擁する流域において非管理人工林(針葉樹林)の水質浄化機構の評価を試み、針葉樹林が相対的に河川水のN、P濃度の上昇を抑える一方で、農地がN、P濃度を上昇させていたことを明らかにしました。



GISを用いた研究対象流域の針葉樹林の分類

超高分解能質量分析法を用いた森林の溶存有機物の分子種とその変動メカニズムの解明

森林内を通過する雨水中のフルボ酸やフミン酸等の溶存有機物(DOM)に着目。超高分解能質量分析法「フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴型質量分析法」で調べた結果、1サンプルあたり千種類以上の構成分子種が存在し、その多くがリグニン様物質であることを明らかにしました。



林外雨(RF)、林内雨(TF)、土壌水(SW O-E)、地下水(GW)、河川水(ST)におけるDOM中の生体分子クラススの比。

遠隔地域における小水力発電の持続的な維持管理に関する研究

インドネシアで導入が進められている遠隔地域での小水力発電施設は、多発する自然災害などで多くが稼働停止になっています。そこで、持続的な維持管理のために、取水河川の流量や電力需給の実態などについてICT技術を活用してリモートで観測できるツールの開発に取り組んでいます。



胆振東部地震による土砂災害後の物質循環の変化や回復の程度の評価

平成30年度北海道胆振東部地震によって土砂災害が起きた現場は、山肌があらわになり、土壌侵食が起こりやすくなっています。そこで、流出水に栄養塩や溶存有機物がどの程度含まれているのかなどを測定して物質循環の変化や回復の程度を評価し、災害地の環境影響評価を試みています。



企業等への提案

気候変動に伴う豪雨災害の頻発や渇水期の長期化等、極端気象による人間生活への影響が懸念される中、水文学の重要性はますます高まると感じています。本研究室は北海道胆振東部地震の土砂災害の現場で、災害後の物質循環の変化や回復程度の評価を試みています。こうした環境影響評価に関する最新の知見やツールの情報提供のほか、この分野で活躍する人材を養成しています。

地域に向けてできること

水文学の知見やツールを森林の地下水涵養機能の評価や遠隔地域における小水力発電の持続的な運用等、地域の自立的発展に貢献できるような実践的な研究に活用していきたいと考えています。

微生物の不活性化やレーザ用の光学材料の 精密な評価を通じて、産業の発展に貢献する研究

002 Umemura
LABORATORY

梅村研究室

教授・博士(工学) 梅村 信弘

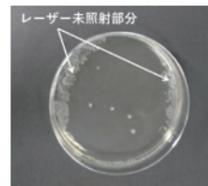
- 専門分野 レーザ工学、非線形光学(波長変換)、レーザシステム
- 大阪市立大学理学部物理学科卒業
- 大阪大学大学院基礎工学研究科物理工学専攻修士課程修了
- 大阪工業大学大学院工学研究科電気電子工学専攻博士課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

本研究室では、レーザ光の波長変換に用いる非線形光学結晶の光学特性に関する高精度の評価を行っています。現在市販されている大部分の非線形光学結晶の評価を手掛けており、レーザ光の広帯域化と高出力化を目指しています。

細菌にレーザ光を当てて、その殺菌効果を明らかにしていく実験。



結晶を組み合わせることで レーザ光の波長範囲を拡大すると ともに変換効率の向上を目指す

レーザ光は集光性が良く、スペクトル幅が狭いなど、普通の光とは違う性質を持っており、その特殊な性質を持つ光は医療や産業など様々な分野に利用されています。また、従来のレーザ装置では得られなかった波長のレーザ光を発生させることで、より一層応用分野が広がります。

レーザ光の波長領域を拡大する方法として、非線形光学結晶^{※1}に期待が寄せられています。レーザ光をその結晶に入れると所望の波長に変換することができるが知られていますが、その変換効率は非線形光学結晶の光学特性(物理的な性質)によって決まってくるのです。その光学特性については詳細で正確なデータがないことから、それらの光学特性を詳細に調査することで、さらなる波長領域への波長変

換素子として応用することが可能となります。

数ある結晶の中から、そうした安定的な結晶を見つけるのが、本研究室の目下の取り組みです。それぞれの結晶の特性を調べることで、さらに新たなアプリケーションを生み出せるのではないかと考えています。また、もう一方では、さまざまな結晶を組み合わせることでレーザ光の波長範囲を拡大し、それによって変換効率を改善する研究にも取り組んでいます。

今までに本研究室では、真空紫外線から遠赤外線に至る波長を発生させる様々な非線形光学結晶について、その詳細な光学特性を明らかにした実績があります。

半導体検査から衛生まで 応用できる分野は様々

レーザ光はその特殊な性質を有することから産業から医療まで様々な分野に応用されています。特に、近年世界的にCOVID-19等の

パンデミックの脅威が高まっています。中でも微生物の不活性化を目的とした深紫外線による殺菌技術が注目されています。本研究室では、波長変換技術を利用して紫外線C波の波長のレーザ光を発生させ、それを細菌に照射することにより、従来の殺菌用紫外線光源と同様細菌を死滅させることを確認しています(写真)。現在は波長変換方式を改善することにより、人体への影響の少ない紫外線波長のレーザ光発生に取り組んでいます。また、微生物の不活性化メカニズムを解明する手がかりを得ることができます。

一方近年注文されている半導体製造の検査装置に利用可能な真空紫外線レーザ光の発生にも取り組んでいます。光の波長が短くなる程微細な加工が可能となり、半導体の高性能化に寄与します。

このように、本研究室では時代の要請に応じたレーザ技術の活用を目標としています。

SEEDS

研究テーマ レーザの波長変換技術とその応用 ～真空紫外線から遠赤外線まで～

レーザ光線は、その光の持つ特殊な性質から産業、医療及び宇宙開発などあらゆる分野で用いられています。さらに、レーザの可能性をより一層広げるために、非線形光学結晶と呼ばれる結晶にレーザ光線を通すことで、紫外線、可視光線、赤外線、さらにはテラヘルツ波まで、既存のレーザ装置では得られなかった波長のレーザ光線を発生させることができます。本研究室では、レーザ光線における波長範囲の拡大と高出力化を目指して、様々な非線形光学結晶の光学特性の評価に取り組んでいます。

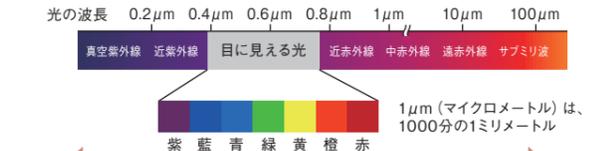
レーザ光の波長変換とは

■身近な物質による波長変換の例



水素ガスを用いた波長変換
緑色のレーザ光線を水素ガスに通過させると、赤色から紫外線までのレーザ光線を同時に発生できる。

■光のスペクトル



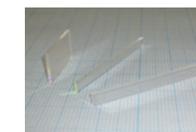
様々な非線形光学結晶を組み合わせることで、
レーザ光線の波長範囲を拡大し、変換効率を改善

新たな光と可能性を生み出す非線形光学結晶

様々な波長変換用結晶



真空紫外線発生用



可視光～中赤外線発生用



遠赤外線発生用



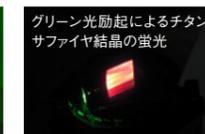
テラヘルツ波発生用

光学顕微鏡による周期分極反転の写真

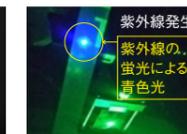
それぞれの結晶に応じて発生できる波長や発生方式が異なる。最適なレーザシステムを構築するためには、それぞれの結晶が有する精緻な光学特性が必要である。



グリーン光発生



グリーン光励起によるチタンサファイヤ結晶の蛍光



紫外線発生

紫外線の、蛍光による青色光

レーザの応用例

- 製造分野 (材料加工、製品検査等)
- 医療・美容分野 (レーザーメス、シミの除去等)
- 日常生活 (ディスプレイ、情報通信等)
- 安全・安心社会 (危険物検知、風向計測等)

企業等への提案

現在、本研究室では180nmの真空紫外線から3400nmの赤外線までの波長範囲におけるナノ秒パルス(繰り返し10Hz)を発生させることができます。また、改良を加えることで、さらなる高出力とレーザ発振波長の拡張が可能となります。

地域に向けてできること

レーザ技術の発展を通じて学術的価値を世界に発信するとともに、様々な研究分野への応用の可能性を追求することによって得られるイノベーションを通して地方創生に資するものと考えられます。

※1「非線形光学結晶」 レーザの波長変換に使われる結晶で、世界中で活発な研究が行われています。

研究者をとりこにする魅惑の「液晶」、そこには美の世界も広がっています。

003 Okoshi LABORATORY

大越研究室

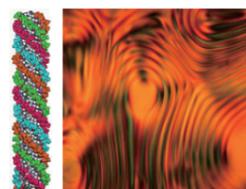
教授・博士(工学) 大越 研人

- 専門分野 高分子物理化学、液晶の物理化学、X線構造解析、走査プローブ顕微鏡、高分子溶液物性
- 東京工業大学工学部高分子工学科卒業
- 東京工業大学大学院理工学研究科有機高分子物質専攻博士課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

テレビに使われている液晶は数ナノメートル位のサイズ分子の集合体です。そうした分子がいくつかつながった数百ナノメートルのサイズの高分子液晶を作り、光学材料として利用しようというのが研究のコンセプトです。



棒状の高分子(分子モデル)とコレステリック液晶相(偏光顕微鏡像)。

高分子化学・液晶科学・フォトニクスのクロスオーバー領域で研究を展開

コンピュータやテレビに使われている液晶は分子の集合体です。一つの分子の大きさは数ナノメートル位のサイズ。そうした分子がいくつかつながった数百ナノメートルのサイズの高分子液晶を作り、光学材料として利用しようというのが研究のコンセプトです。高分子化学、液晶科学、フォトニクスの3つがクロスオーバーした領域の研究といえます。

この高分子液晶、構造と分子量分布を精密にデザインすると、超分子構造を形成します。この超分子構造が持つ特性やメリットを活かした光学素子への応用が具体的な研究テーマになります。

例えば、今取り組んでいるのはワイヤーグリッド偏光フィルター^{※1}への応用です。この偏光フィルターを用いると、従来の吸収型偏光子と異なり光の利用効率を100%近くにできるため、液晶ディスプレイのバックライトの消費電力を

著しく下げることができます。

もう一つは3Dテレビ。今はディスプレイに右目用、左目用の画像を交互に表示し、同期して左右が高速で開閉する液晶シャッターメガネをかける方式が主流となっています。しかし、この方式では通信機能を乗せるためにメガネが重く、価格も高くなる難点があります。これに対して、光シャッター機能を持った特殊な高分子液晶フィルムをディスプレイの前面に貼ることで、軽くて価格も安い左右の円偏光メガネをかけるだけで、どの様な角度からでも3Dコンテンツを楽しむことができます。現在、企業との共同研究を通して商品化に取り組んでいるところです。

キラキラ光るコガネムシの羽 自然界にある液晶構造が謎のヒント

液晶材料の面白さは、その可能性の多様さにあると思います。有機化合物であれば現在の化学ではいかようにも作れるので、その組み合わせは無制限に近く、さらに作ってみなければ

どんな液晶ができるか分からないという予測不能な面白さもあります。将来、光との相互作用を利用した光学デバイスへの応用を超えた、誰も予測していなかった様な液晶材料を使った革新的な技術が生まれるかもしれません。

ちなみに、多くの液晶研究者は液晶を研究のフィールドに選んだ理由に、その偏光顕微鏡^{※2}組織の美しさを挙げます。その多彩な美しさは、一日中見ても飽きないほどです。こんな楽しみも、研究を続けていく一つの原動力になっています。

研究室でこれから取り組みたいと考えているのは、自然界にある液晶構造の研究です。貝殻の真珠層やコガネムシのキラキラ光る羽など、液晶に類似した構造は自然界にもたくさん存在します。進化の過程でなぜこのような構造を獲得したのか、その理由を突き詰めて考えることで新しい研究の地平が開けるのではないかと、そんな気がしています。

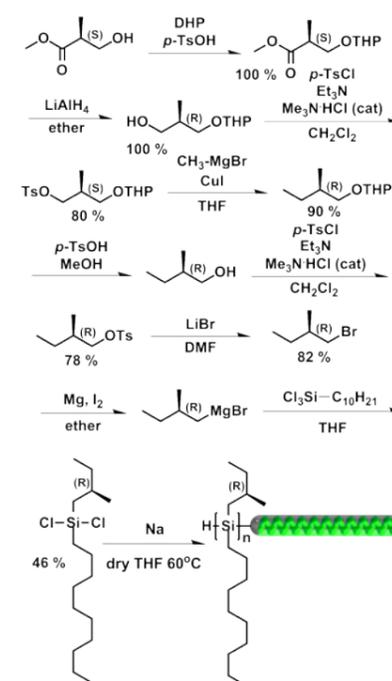
SEEDS

研究テーマ ワイヤーグリッド偏光子の開発 3D-TV用アクティブリターダーの開発

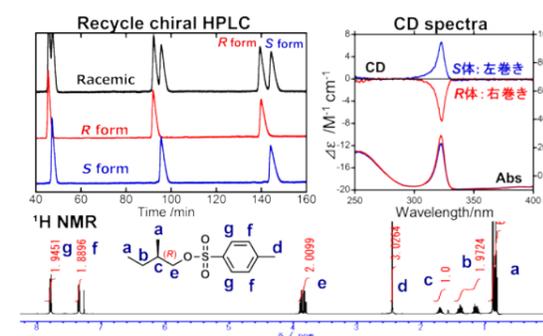
高分子液晶は、化学構造や分子量分布を精密に制御することで驚くほど多彩な超分子構造を形成します。私たちは、有機合成化学の力でさまざまな高分子液晶を合成し、形成する多彩な超分子構造をいろいろな分析手法を用いて解析すると同時に、光学素子に応用する研究を行っています。これらの技術は、モバイル機器の消費電力を著しく下げることのできる超効率の偏光板などに応用が可能です。



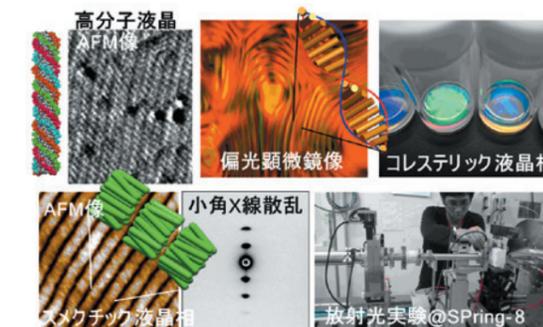
高分子液晶の合成



合成した化合物の機器分析による構造解析



多彩な超分子構造の解析



企業等への提案

今取り組んでいるのはワイヤーグリッド偏光子への応用です。この偏光子を用いると、従来の吸収型偏光子と異なり光の利用効率を100%近くできるため、液晶ディスプレイの消費電力を著しく下げることができます。

地域に向けてできること

私たちは、有機物である液晶を作り出すための有機合成化学と、機器分析の技術を基盤に研究活動を行っています。有機材料の合成や農畜産物等の分析に関して、ご協力できることがあればご相談下さい。

※1「ワイヤーグリッド偏光フィルター」 平行に多数張られた金属ワイヤーからなり、ワイヤーに平行な偏波を反射し、垂直な偏波を透過する光学素子。
※2「偏光顕微鏡」 試料に偏光を照射し、複屈折性を観察するために用いられる光学顕微鏡の一種。

天然資源に焦点を当てて、 これからの環境保護に役立つ研究を。

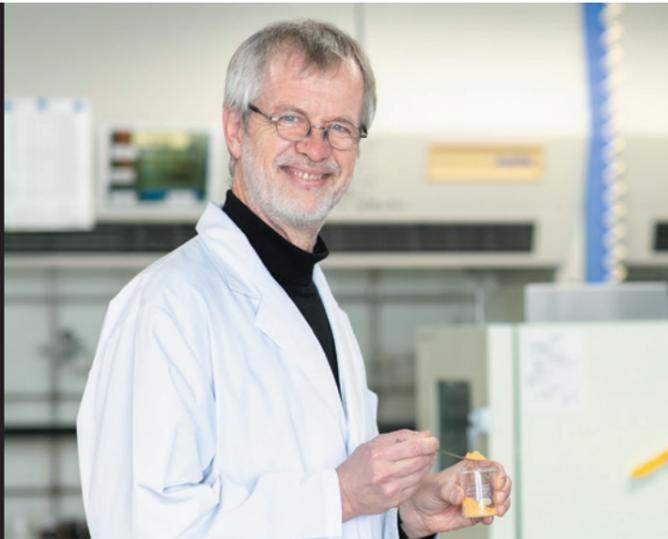
004

Karthaus
LABORATORY

カートハウス研究室

オラフ カートハウス
教授・理学博士 Olaf Karthaus

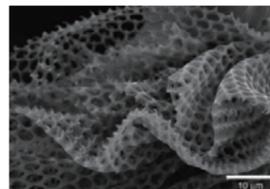
- 専門分野 高分子科学、界面科学、ナノテクノロジー、発光材料の薄膜作成
- ヨハネスゲーテンベルグ大学(ドイツ)化学・薬学部化学科卒業
- ヨハネスゲーテンベルグ大学化学・薬学部有機化学科博士課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

- ①環境にやさしい材料の開発、分析、評価。
一例：天然材料(セルロース、アルギン酸、キチン、キトサン、花粉など)を含んだコーティング材の開発。目的は防臭剤や水のフィルターとしての役割。
- ②環境問題の海洋プラスチックとマイクロプラスチックの調査、プラスチックの劣化メカニズムの研究。

電子顕微鏡で見た破れないハニカムフィルム(薄膜)。



環境にやさしいプロセスと 材料の生産を目指して

18世紀の産業革命以来、私たちはますます自然を消費し、多くの資源を奪ってきました。近代社会は、自然科学の発展と、蒸気機関、電気モーター、ラジオなどの優れた技術開発によってもたらされました。そして今日、金属、セラミック、半導体、プラスチックなどの新しい材料や機械の開発により、私たちは健康、長寿、安全、利便性を手に入れました。しかし、人口の増加に伴い、エネルギーや地球資源の浪費、廃棄物の生産も大幅に増加し、快適なライフスタイルの追求は世界中に環境破壊をもたらす事態となりました。

本来、生きている自然の一部である私たち人間は、自然を保護・維持するべきでした。今や、私たちには別の革命、自然環境の回復のための革命が必要です。カートハウス研究室では、環境にやさしいプロセスと材料の生産のために、天然資源に焦点を当てた研究を行っています。

プラスチックは軽くて丈夫で使いやすく衛生

的であるなど、大きなメリットを持つ高分子です。しかし、その大きなメリットゆえの大量生産を経て、大量の劣化プラスチックが「海洋プラスチック」や「マイクロプラスチック」となって環境を破壊する問題が深刻化しています。そこで今日では、「4R(refuse, reuse, recycle, replace)」、すなわち「なるべく使わない、使い捨てをやめる、リサイクルする、交換する」ことが重要と考えられるようになってきました。さらに、セルロース、キチン、アルギン酸などの生分解性の天然高分子は「環境にやさしい材料」と言われます。

研究室のテーマとして、植物や動物から取られた天然高分子を含む機能性ハイブリッド材料の作成、合成樹脂から作られたプラスチック材料の劣化についての研究、河川で増加しているマイクロプラスチックの調査などがあり、これからの環境保護にとって役に立つ研究を目指しています。

「新しいものを生み出す」 研究目的は純粋な知の探求

企業の研究などとは違い、大学では必ずしも成果への直結は求められません。「新しいものを生み出す」という純粋な知の探求が目的だと考えています。皆さんには、自分の好きなテーマの研究に存分に取り組んでいただきたい。自分が好きなことなら、熱心に取り組めますよね。言い換えると、自分から興味を抱けないと、この研究室は大変かもしれません。

学生には、学会で発表するところまで視野に入れてデータを蓄えるように指導しています。実際に学会で発表することもありますし、学内の他研究室、他大学や海外との共同研究ができる環境も整っています。さらに、国際化を強く意識していますから、留学生との交流や英語でコミュニケーションを図る機会も用意しています。いろいろなことを幅広く学びながら、今までにない物質を自分の手で合成するという研究には、大きな夢と可能性があります。ぜひ、そうした新たな研究に積極的に挑戦してください。

SEEDS

研究テーマ プラスチックの劣化メカニズム・ 花卉のナノ構造解析・花粉の含まれた材料

高分子は深く環境と関わっています。軽い、丈夫、使いやすい、衛生的などの大きなメリットがあります。中でも、生分解性の天然高分子は「環境にやさしい材料」と言われます。一方、最近大きく取り上げられるようになってきたのは、合成樹脂の「海洋プラスチック」や「マイクロプラスチック」による環境問題で、プラスチックが増えれば増えるほど問題は大きくなる一方で、4R(refuse, reuse, recycle, replace)、すなわち「なるべく使わない、使い捨てをやめる、リサイクルする、交換する」が必要です。研究室のテーマは植物や動物から取られた天然高分子を含んだ機能性ハイブリッド材料の作成、合成樹脂から作られたプラスチック材料の劣化についての研究、河川にあるマイクロプラスチックの調査です。将来の環境に役立つ研究を目指します。

マイクロプラスチック調査

■千歳川のサンプリング



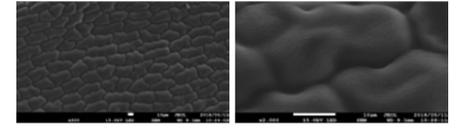
■サケの内臓のサンプリング



サンプリング調査で見つかったのはわずかに衣服などのファイバだけ。

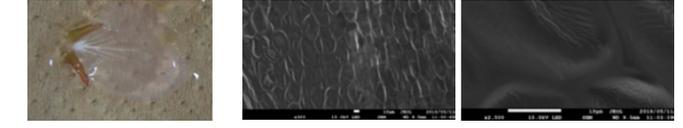
透明になる花卉

■自然状態

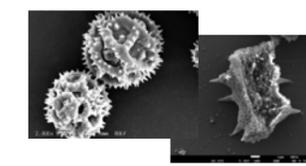


サクラは美しい白色の花弁をもっている。疎水性の花弁は水面に浮かべても白色を保つが、界面活性剤を使用すると透明になる。花弁の表面構造が変化するためである。

■界面活性剤

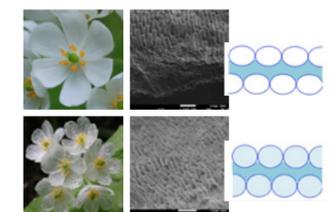


花粉の表面構造



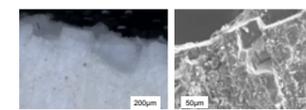
花粉は不思議で驚くような存在。およそ直径0.02mm前後のごく微小な丸い粒で、25万種類もの花粉があり、その全ての形状が異なっている。また、遺伝子を「守る」「遠くまで運ぶ」という二つの重大なミッション遂行のため、紫外線、低・高湿度、熱などどんな過酷な環境にも耐えうる強靱な外壁の材料と構造を持つ。

サンカヨウの花弁



北海道に植生する白い野草のサンカヨウは露に濡れると花弁が透き通るという特徴がある。電子顕微鏡で観察すると、花弁の組織が風船のような空洞でできており、その風船内が水分で満たされると透明になることを突き止めた。

プラスチックの劣化



不法投棄されたものだけでなく目的があって設置・使用されているプラスチック製品も機械的、酸化的(光、熱など)、生物学的劣化を受け、小さなマイクロプラスチックの破片(マイクロメートル)に分解され、環境に再流入する。この微小さが問題に。

企業等への提案

天然高分子(キトサン、アルギン酸など)をベースにしたハイブリッド材料や薄膜の開発・作製・分析が可能です。

地域に向けてできること

環境問題の海洋プラスチックとマイクロプラスチックの調査。千歳市内の河川、公園などのプラスチック調査。小中高等学校でのプラスチックの環境問題についての講義。公開講座を通しての市民への啓蒙活動。

光技術で骨や腎臓、血管、心臓の病態を解明する。
光技術でマスやサケの生態を調べる。光技術で生薬を調べる。
医師や地域と力を合わせ「生命」にアプローチ。

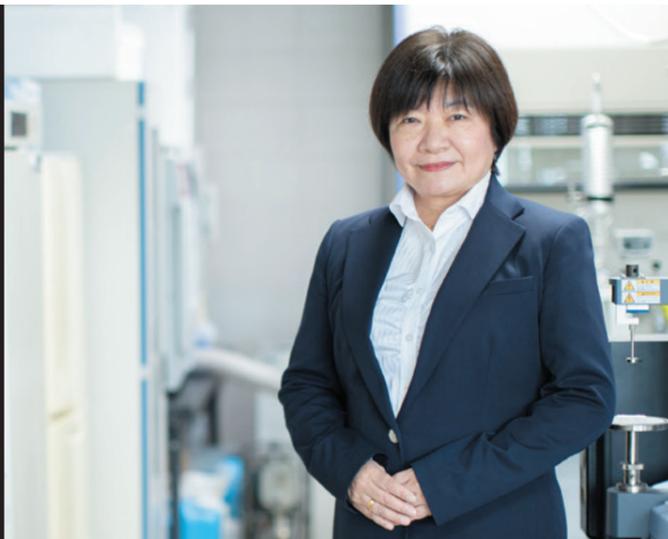
005

Kimura
LABORATORY

木村研究室

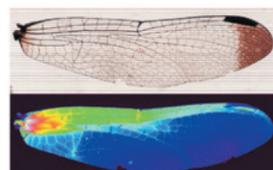
教授・博士(水産学) 木村 廣美

- 専門分野 化学構造解析、高分子化学、分子分光化学、薄膜、界面化学、分析化学、自己組織化、医用化学、食品化学
- 明治大学農学部農芸化学科卒業
- 東京水産大学大学院水産学研究所食品生産学専攻博士後期課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

生物試料を対象とした新規計測・解析手法の開発と標準化の研究を行っています。現在は、赤外イメージング、ラマンイメージングによる骨粗鬆症モデル動物の骨質(材料特性および構造特性)解析を行っています。



赤外イメージ:トンボの翅キチンの分布

医師らと力を合わせた「医工連携」の研究で「病態」の解明を、地域と力を合わせた研究で「生態」の解明を

光を駆使した分析方法で長く骨の解析を行ってきましたが、今は骨の代謝に関わり合いのある腎臓、血管、心臓も研究の対象にしています。また、北海道と関わりがある生薬や、千歳市と深い関わりのあるヒメマスやベニザケの研究にも取り組んでいます。骨粗鬆症は骨の量が減って弱くなり、骨折しやすくなる病気で、加齢とともにその患者数は増加します。最近では、慢性腎臓病や糖尿病でも骨粗鬆症になることが知られるようになり、病気の原因や程度で骨の状態が違うこともわかってきました。しかし、どうして骨の状態が変わるのか?薬でどのように回復するのか?その詳細について、まだまだ調べる必要があります。慢性腎臓病は進行すると、人工透析^{※1}が必要になります。そして、血管や心臓の病気の発症のリスク増加へ

とつながります。ですから、慢性腎臓病の病態を解明するには、腎臓だけでなく骨、心臓、血管を調べる必要があります。このような病態の解明のほかに、病気の早期発見や治療薬の開発に役立つ新しい解析手法を開発したいと考えています。実は、ここで開発を目指している解析手法は、生薬の分析やヒメマス、ベニザケの生態の解明にも役立ちます。ヒメマスは支笏湖に生息し、ベニザケは美々川に遡上します。地域と力を合わせて、光技術でその生態を明らかにします。

あなたの本当にしたいことは何ですか?この研究室と一緒にやりましょう

私の研究の大半は他大学や企業、医療機関などとの共同研究です。協力いただける限り外部から入ってもらおうと要請しています。基本的に医師の力を借りないといけないテーマで

すし、薬物動態を調べる上では企業や動物を専門に扱っている方などの見識が欠かせませんので、そうした方々とよく話し合いながら進めていきます。業界が違っても文化が異なりますから、そうしないとゴールを見誤ってしまいかねないのです。

だからこそ私は、この研究の面白さは異文化コミュニケーションでもありと思っています。共通の目的を持ち、みんな同じ方向に向かってコミュニケーションできるのが非常に楽しいです。しかも、多くの人に役立つ生命に関わる仕事ができることは、とても幸せなことだと思います。

私は、学生の潜在能力を掘り起こすことにも情熱を注いでいます。目的を持って研究し、結果を出してほしいです。そうすれば自信がつかます。まずは自分の興味・関心に気付いたら行動することです。あなたのやる気がこの研究室で実を結ぶことを期待しています。

※1「人工透析」 働かなくなった腎臓に代わって、機器で人工的に血液を浄化する治療法。1回4~5時間、週に何回も実施が必要になることもあります。

SEEDS

研究テーマ 赤外イメージング・近赤外イメージング・赤外二色性イメージング・ラマンイメージング・硬組織分析・軟組織分析・生薬分析・食品分析・薄膜分析

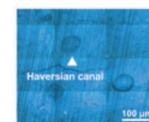
赤外分光法とラマン分光法は、物質の化学構造、状態を定性・定量的に分析する手法として、化学工業から食品、医療と幅広い分野で用いられています。特に、赤外イメージングやラマンイメージングは、化学情報を可視化できることから大変注目されています。木村研究室では、主に赤外イメージングやラマンイメージングによる硬組織(歯・骨)・軟組織(血管・心臓)の評価技術の開発と標準化、生薬・食品・材料の分析技術の開発と標準化などを行っています。研究テーマは、すべて他大学、独立行政法人、企業との共同研究です。

赤外イメージング・ラマンイメージングによる可視化・解析

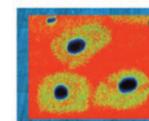
硬組織・軟組織評価技術の開発



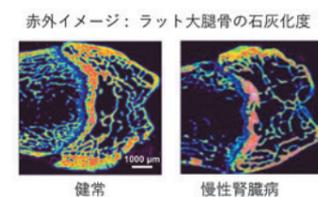
医工連携



ラマンイメージ:
サル大腿骨オステオンの
石灰化度



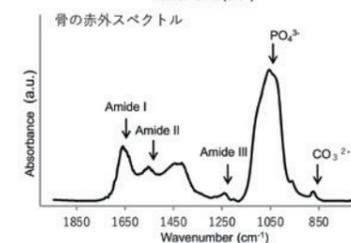
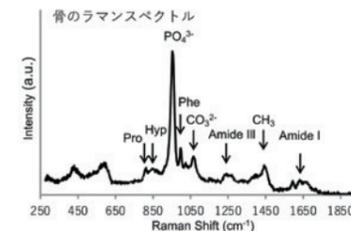
PO₄³⁻/Hyp
(Kimura-Suda H and Ito T, The Bone 30 (2016) 3 より)



赤外イメージ: ラット大腿骨の石灰化度

健康

慢性腎臓病



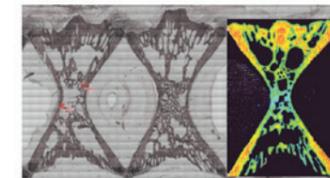
サケ・マスのミネラル代謝

地域連携



ベニザケ
(美々川)

ヒメマス
(支笏湖)



椎骨の
赤外イメージ

企業等への提案

生物試料の分析、特に実験動物から抽出した硬組織(骨質解析など)や軟組織の可視化・解析を行います。分析には赤外イメージング、ラマンイメージング、走査型電子顕微鏡(元素マッピングも含む)などを行います。

地域に向けてできること

赤外分光法やラマン分光法による生物試料の分析法を開発し、動物の硬組織や軟組織を評価しながら医工連携に努めます。また、道産の加工食品や包装材料の分析を行うことで北海道の食の安全、安心を守ります。

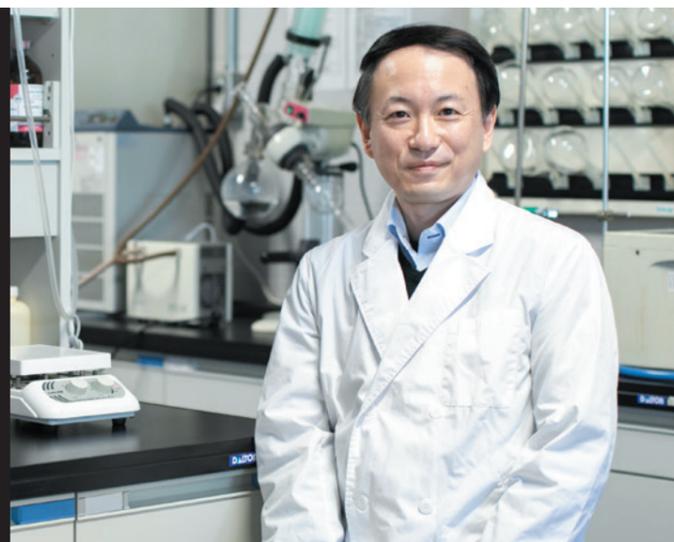
金属錯体と水素結合を利用して 「光り輝く新たな分子」づくりを行っています。

006 Sakai LABORATORY

坂井研究室

准教授・博士(学術) 坂井 賢一

- 専門分野 錯体化学、物性化学、化学生物、生体系研究に役立つ光機能性金属錯体の開発
- 東邦大学理学部生物学科卒業
- 北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科物性科学専攻博士後期課程修了



APPEAL POINT アピールポイント

水素イオン(プロトン)の動きを制御することで新たな物性や機能の創発を目指す“プロトニクス”の考えのもと、新規プロトン移動型蛍光材料の設計・合成(基礎研究)を行っています。

研究室で合成された水素結合を組み込んだ光る分子。



医療分野などでの活用を意識して分子を設計

化学は物質を対象とした学問です。物質は無機物と有機物に大きく分けられますが、この研究室で扱っている金属錯体^{※1}というのは、有機物の中に金属イオンという無機物のパーツを組み込んだ、有機物と無機物の両方の特徴を兼ね備えた物質です。この金属錯体をベースに、光ったり、電気が流れたり、磁石になったりと、さまざまな機能性を持つ物質の創出を目指しています。

目的の一つは医療への貢献です。鉄、銅、亜鉛などの金属は我々の体にも無くてはならない存在で、それらが細胞の中のどこにあって、どのような働きをしているのかを調べることは重要な課題です。現在、亜鉛と特異的に反応する試薬を開発しています。試薬が亜鉛を見つけ出し、そして亜鉛と結合する、つまり金属錯体になります。この金属錯体がよく光るならば、細胞の中での亜鉛のありかや挙動を知ることができます。このような試薬はプローブ(標

識分子)と呼ばれますが、将来的には医療分野に貢献できるレベルにまで進めたいと考えています。

もう一つの研究テーマは水素結合^{※2}です。我々は水素結合を組み込んだ分子の開発を進めています。水素原子の原子核をプロトンといいますが、分子の中の電子の状態を制御することで、水素結合を形成するプロトンの挙動を自在に操ることが可能になります。有機分子で光るものはたくさんありますが、溶媒に溶かした状態で光っても、粉の状態では光らなくなってしまうことが多くあります。ところが、水素結合のプロトンを操ることで、粉の状態でも強く光らせることができます。この性質は有機ELの材料に適していて、従来よりもっと強く光らせたり、さらにはレーザー光を出す有機ELの実現も期待できます。

亜鉛を特異的に見つけて光る分子にも、実は水素結合を組み込んでいます。それ故、亜鉛と結合してよく光ります。ですから、“水素結合”が我々の研究室を象徴するキーワードになるでしょう。

分子を合成、評価する研究を通して科学を純粋に楽しんでほしい

亜鉛などの金属元素のほかに、生体内で重要な働きをする分子を見つけるためのプローブも研究しています。例えば、アレルギーや食中毒に関係するヒスタミンという分子。最近、我々の研究室ではヒスタミンと特異的に結合して色が変化する金属錯体の開発に成功しました。この金属錯体にもやはり水素結合を組み込んでいます。

化学は日本のお家芸なので、将来の日本の化学を担うような人材が生まれればと思っています。目先のことだけでなく、もっと大きな夢を持って、大学では純粋に科学(とりわけ化学)を楽しんでもらいたいと思っています。有機物と無機物が合体した金属錯体、そのバラエティは無限です。大学4年時の卒業研究で合成する分子も世界初の分子です。それがよく光ったりするとすごく感動しますよ。

SEEDS

研究テーマ 水素結合の科学と応用・蛍光性を 中心とした様々な機能性物質の開発

私たちの体を構成する主要成分、水、タンパク質、核酸の性質や機能には、水素結合という化学結合の存在が大きく関わっています。水素結合は、タンパク質の立体構造やDNAの二重らせん構造の形成に携わることでそれら分子の機能発現を支える一方、水が水素イオン(プロトン)の輸送媒体となるように、電荷輸送(プロトン移動)反応を媒介するという働きをします。つまり、水素結合は前者のような静的な作用に加え、後者のような動的な作用も示します。

当研究室では、水素結合の動的な側面を生かした物質開発を進めています。水素結合を取り囲む周りの環境を設計したり(分子設計)、電荷状態を変化させたり(酸化還元)、光を照射したりすることによってプロトン移動反応を制御し、蛍光特性を中心とした様々な機能性をもつ物質の創成を目指しています。

研究室での物質開発の流れ

建物を建てるのと似ています。



①分子設計 ②分子合成 ③同定・評価

コンピューターも使います。 白衣を着て実験します。 様々な装置を使い解析します。

当研究室で開発した蛍光性物質

学部4年生や大学院生の研究成果は、主に海外の科学雑誌に論文として発表しています。

蛍光性物質の用途(1)

材料としての用途の一例:有機EL用発光材料



蛍光性物質の用途(2)

試薬としての用途の一例:
蛍光プローブ(見えない物質を捕らえて光ることで見えるようにする試薬)



クラゲから採るタンパク質(GFP)を発見
2008年ノーベル化学賞
下村 脩先生

最近の研究成果

2018年 ドイツの学術雑誌に掲載

CHEMISTRY
A European Journal

Color Changes of a Full-Color Emissive ESIP Fluorophore in Response to Recognition of Certain Acids and Their Conjugate Base Anions

2018年
大学院修士課程修了
Saki Tsuchiya, Ken-ichi Sakai, Eiji Kishida, Yuta Nishino, Takemitsu Kikuchi, Tomoyuki Akutagawa

イオンを感知し、その濃度に応じて蛍光色をフルカラー(赤・青・緑・白)に変化させる世界初の蛍光色素

企業等への提案

無機イオンや生理活性アミン、水分子など特定の物質にだけ反応して蛍光特性が変化するような蛍光プローブの開発を進めています。何かの微量成分を感度良く検出したいというご要望があればご相談ください。

地域に向けてできること

高校生を主な対象として、大学の化学系研究室ではどのような手順で新たな有機化合物を作り出しているのかを「有機蛍光物質の開発研究」を通してわかりやすく解説するアウトリーチ活動を行っています。

※1「金属錯体」 金属イオンの周囲に有機分子が結合した複合体。金属錯体は血液中の赤血球が行う酸素の運搬や抗がん剤などにも利用されています。
※2「水素結合」 水素の原子核「プロトン(水素イオン)」を介した弱い分子間の結合。水やDNAが代表的。

例えばヘビや昆虫、タマムシ、フジツボ。 生物の機能に学んで新しい材料を作ります。

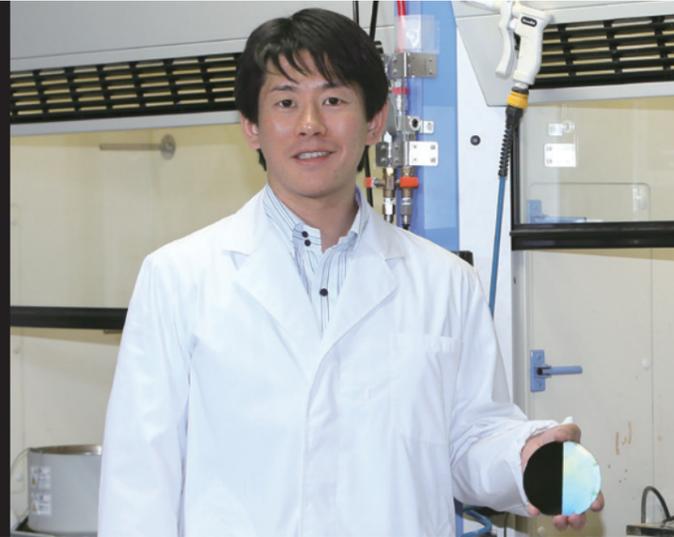
007

Hirai
LABORATORY

平井研究室

准教授・博士(工学) 平井 悠司

- 専門分野 自己組織化、バイオミメティクス、ナノテクノロジー、界面化学、コロイド化学
- 北海道大学理学部化学科卒業
- 東北大学工学研究科バイオ工学専攻博士後期課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

自然界の優れた機能性表面を探索する基礎研究と機能性を生み出している原理を抽出して機能性材料として再現する応用研究を両軸に、企業との共同研究も積極的に行いながら研究を進めています。

研究室で飼育しているフジツボ。



生物が持つ構造やその機能を理解して、新しい材料を創製

研究のテーマは、「自然に学ぶモノづくり」です。生き物は生き残るために進化の過程で様々な機能を生み出してきました。有名な例はハスの葉の超撥水性で、雨水をはじくついでに葉の表面の汚れを洗い流して葉の表面をきれいに保ち、しっかりと光合成ができるようになっています。その「水をはじく」という技術はかんたんな物理学で説明することができるため、よく水をはじく傘やヨーグルトが付かない容器の蓋などの開発につながっています。このような、自然界の優れた機能を理解して新しい材料を作り出す分野は「バイオミメティクス」と呼ばれていて、持続可能な社会にしていけるための技術として注目されています。

私達の周りには様々な生き物がいます。そのなかでも、私達の研究室ではマダラシミという小さな昆虫と、海の岸壁などにくっついて生活しているフジツボに注目して、実際に飼育しながら機能の解明を目指しています。例えばマダラシミは狭い隙間に潜んで生活しているため、その体はよく擦れてしまいます。もし体表の摩擦が大きければ体はすぐに削れてしまい、生きていくことが困難

になってしまいます。私達はマダラシミの体表は摩擦を減らす機能があるのではないかと考えて、体の表面の観察や摩擦力の測定を行っています。一方でフジツボは、海水が浸かるところにはだいたい生息していて、様々な問題を引き起こしています。少し前までは化学物質、すなわち毒を利用して付着を防いでいましたが、様々な海中生物に悪影響がでしてしまうため、現在ではほとんど禁止されています。そのため、フジツボが付かない新しい材料を開発する必要が出てきています。私達は新しい材料を開発するためには、フジツボはどのような表面に、どのように付着するのか、フジツボのことをきちんと理解することが重要だと考えて、フジツボの飼育も行いながら基礎的な研究も同時に進めています。

生物×材料科学×情報学、分野の垣根を取り払う

新しい材料を生み出すためには、他の人にはないアイデアが必要です。私達の身の回りには便利なものが溢れています。このような科学技術が発展した現代社会において、新しいモノを生み出すのはとても難しいことです。新しいアイ

デアを生み出すためには、これまでに他の人がやって来なかったこと、既存の研究分野に囚われない隙間や境界分野が大事です。生物系研究者、材料系研究者、そしてこれからは情報系研究者が手を取り合って研究をする必要があると言われています。しかし、そういった連携はなかなかうまくいきません。深化してしまったそれぞれの研究分野には難しい独特な文化、言葉があり、お互いの研究をしっかりと理解するのが困難だからです。私達の研究室は新しい材料の開発を目的とした化学系の研究室ですが、フジツボやマダラシミを育て観察、測定しています。また、作った材料の機能を測定するとともに、かんたんなシミュレーションによってその機能がどのように生み出されているのかもあわせて解析します。難しい生物や情報の研究はできませんが、材料の研究を中心に幅広く様々な分野にも挑戦してみることで、他の分野の研究者との理解もより深まり、本当の意味で異分野連携が達成できる、これまでにないアイデアや材料が生み出されると信じて研究を進めています。本当に知りたいことがあるのなら何にでも挑戦してみる心意気、何がどうして起きているのか、イメージする力が求められています。

SEEDS

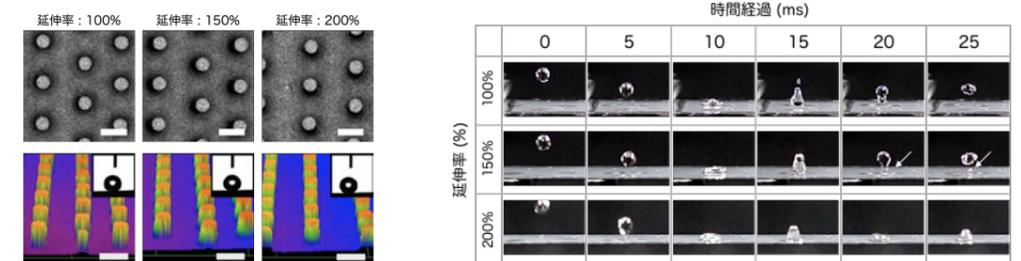
研究テーマ 自然に学ぶ機能性表面の作製と物性の解析

自然界にはさまざまな機能を持った、優れた表面がたくさんあります。例えば、蓮の葉は良く水を弾く、超撥水性をもっていて、雨が降ると勝手に汚れが落ちる、セルフクリーニング表面として知られています。また、蛾の目は暗い夜間飛ぶために少ない光を効率的に吸収する必要があり、光を反射させない無反射機能をもっています。これらのように自然界の機能性表面を模倣し、優れた材料を作製する分野は「バイオミメティクス」と呼ばれ、近年非常に注目を集めています。

平井研究室では、実際にサンプルの採集から観察、解析を通して自然界の表面機能を学び、人工的に機能性材料を作製することを目指して研究しています。

タイヤのゴムで水滴の動きを制御する

蓮の葉のように、微細な構造によってタイヤのゴムの「濡れ」を変えることで、水を完全に弾いたり、表面に吸着させたりすることができる。



生き物から直接学び、優れた材料を作り出す

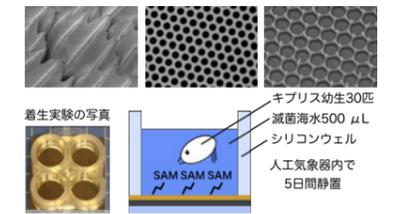
■研究室で飼育しているフジツボ



■フジツボのライフサイクル



■生物表面を含めた様々な表面でフジツボを飼育



フジツボは発電所等の取水口に付着し、大きな問題となっている(除去費用だけで年間3億円とも)。研究室ではフジツボをはじめとした生き物も飼育しつつ、生き物と人工材料表面の関係性を調査し、これまでにない材料を開発することを目的としている。

企業等への提案

我々の研究では微細構造に由来する機能に着目しており、さまざまな微細構造の作製方法、観察、分析、評価技術を有しています。具体的には超撥水性や低摩擦、防汚材料を中心に研究を行い、それに関連する技術を有しています。

地域に向けてできること

電子顕微鏡を主体とした微細構造の観察や、各種材料の機能測定についての知識や装置の供与が可能です。

研究対象はカーボン材料。世界的にも注目される分野の一端にふれられます。

008 Takada LABORATORY

高田研究室

教授・博士(工学) 高田 知哉

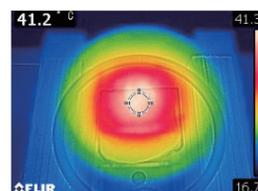
- 専門分野 カーボンおよび関連材料の化学と応用
- 北海道大学工学部応用化学科卒業
- 北海道大学大学院工学研究科分子化学専攻博士後期課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

現在は、ポリマー/カーボン複合材料およびメソポーラスカーボン材料の作製方法と応用を研究しています。電気伝導性材料、熱伝導性材料、ソフトアクチュエータ、環境浄化材料などを指向した研究に取り組んでいます。

フィルム状に成形したカーボンとポリマーの複合材料が熱を発生する様子をサーモグラフィーで計測。



カーボンを素材としてこれまでにない新たな材料を創り出す

いま力を入れている研究テーマは、カーボン材料とほかの材料を組み合わせ、それぞれの良いところを併せ持つ新しい材料を創製することです。最近の取り組みの例としては、カーボンナノチューブ^{※1}という炭素粒子を温度応答性ハイドロゲルに入れることによって、赤外線に反応して変形や体積変化をする材料を作るといったテーマがあります。温度応答性ハイドロゲルは、ある温度を境として膨張や収縮をするゲル材料で、機械材料や薬物輸送材料など様々な応用が研究されているものです。カーボンナノチューブは、赤外線の熱への変換効率や放熱の効率が非常に高いため、赤外線照射・停止に伴う温度の上昇や低下を迅速に引き起こすことができます。カーボンナノチューブを使うことで、赤外線のON/OFFによるゲルの変形のリモートコントロールが可能になると考えています。また、別のテーマとして、ナノダイヤモンド^{※2}という炭素粒子と、歯科材料として用いられるプラスチック素材(レジン)を組み合わせることで、熱が伝わり

りやすいレジンを作ることも取り組んでいます。義歯の土台となる義歯床にはレジンが広く使われており、加工のしやすさや外観などの点で優れていますが、熱が伝わりにくいため口内での温度の感じ方に難があるとされています。ナノダイヤモンドは熱伝導率が非常に高く、また生体適合性にも優れるため、ナノダイヤモンドをレジンと組み合わせることで温度を自然に感じられ安全性も高いレジンが実現できると考えています。歯科材料として利用する場合、強度や美観も考える必要があるため、歯学系の研究者との共同研究として取り組んでいます。これら複合材料以外のテーマとしては、環境浄化へのカーボン材料の応用があります。浄水や脱臭などのために、活性炭などの炭素系素材が吸着剤として利用されてきましたが、吸着剤の表面の形や化学構造を制御することで特定の成分をより効率的に吸着できるようになります。実際の環境下でターゲットとなる成分だけを吸着できる材料を創製するため、様々な試みを行なっています。また、炭素材料に関連する物質としてグラファイト状酸化炭素(黒鉛と同じ構造で、窒素を含んでいる)があり、光によ

て化学反応を促進する光触媒としての性質を持つため、汚染物質の分解など環境浄化に利用するための研究を行っています。

持続可能なテクノロジーを目指し日々研究に取り組む

カーボン材料の面白いところとして、各種の合成反応を使って構造を変化させることができる有機材料としての側面と、電気伝導性や熱伝導性、力学的強度といった優れた物理的性質を持つ無機材料としての側面を併せ持っているという点があります。また、炭素は地球上にきわめて豊富に存在し、植物系資源や廃棄物などからも得られるため、これらのものを利用して素材として再生させることは資源の循環の観点から大きな意義があります。ノーベル化学賞受賞者のH. W. Krotoは「21世紀は炭素の世紀」と語っています。カーボンの科学は、社会や環境の持続可能性を背景として国際的にも積極的に研究されている分野であり、そういった研究の一端に携わることができるのは大きな魅力です。

※1「カーボンナノチューブ」炭素が円筒状に配列したナノカーボン。ハニカム構造の平面状物質であるグラフェンが筒になった構造を持つ。
 ※2「ナノダイヤモンド」炭素の結晶であるダイヤモンドと同じ構造を持つナノカーボン。粒子のサイズは数ナノメートル程度である。

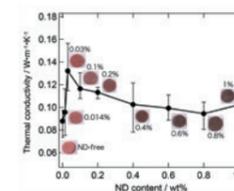
SEEDS

研究テーマ | カーボン含有複合材料の開発、環境浄化材料の開発、関連する化学反応過程の解明

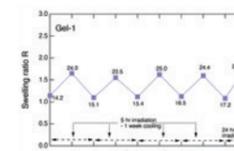
カーボン材料(炭素原子が集まってできる材料)は、材料として優れた様々な物理化学的性質や機能性を持ち、実用化技術が積極的に研究されています。古くから知られているものでは活性炭や黒鉛などが様々な目的で利用されており、また近年では炭素原子が規則的な配列で結合した微小粒子であるナノカーボン(カーボンナノチューブ、フラーレン、グラフェン、ナノダイヤモンドなど)が、電子工学や機械工学など幅広い分野での利用が期待されています。さらに、カーボンと類似の構造を持つ各種の物質が知られており、環境汚染物質の分解など様々な応用が試みられています。

この研究室では、カーボン材料を様々な目的に利用するための複合材料の作製法や化学的処理法、作製した材料の機能性や反応過程などを、色々な方法を駆使して研究しています。

ポリマー/カーボン複合材料の研究例

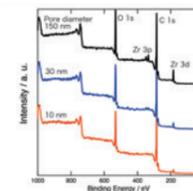


歯科用のレジン(義歯の土台になるポリマー材料)に、ナノダイヤモンド(ND)を添加した材料の熱伝導率と外観の変化。比較的少量のND添加で、熱伝導率が向上するとともに、外観も大きな影響を受けないことがわかりました。熱伝導性に優れるNDを用いることで、義歯使用時も飲食物の温度を自然に感じ取れるようになることが期待されます。

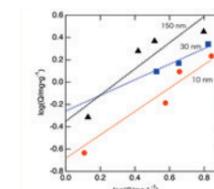


温度変化に伴う水の出入りにより膨潤・収縮を繰り返す性質をもつポリアクリルアミド/ポリアクリル酸複合ゲルに、カーボンナノチューブ(CNT)を添加して赤外線照射のON/OFFを繰り返した際の温度と膨潤率の変化。赤外線照射によりCNTが発熱し、ゲルの膨潤を引き起こすことがわかりました。このときの体積変化を利用して、赤外線で作動可能な機械パーツなどへの応用が期待されます。

環境浄化用カーボン材料の研究例



表面細孔のサイズが制御された構造をもつ多孔質炭素粒子(メソポーラスカーボン)を化学処理し、表面にジルコニウムイオン(Zr⁴⁺)を担持させた粒子のX線光電子分光(XPS)スペクトル。Zr⁴⁺の担持量が、粒子の細孔サイズに依存することが確かめられました。このような情報が、環境浄化材料としての性質を評価する際の手がかりになります。



上記のメソポーラスカーボンを用いて測定した、水中のフッ化物イオン(F⁻)吸着量の比較。Zr⁴⁺担持量と同様にF⁻吸着量も細孔サイズに依存することがわかります。このような結果と、材料の構造・成分に関するデータを比較することで、より高性能な環境浄化材料を作製するための方針について検討することができます。

企業等への提案

カーボン材料の表面処理や、ポリマー/カーボン複合材料の試作などの場面でご協力可能です。また、減圧/不活性雰囲気中での熱分解(1000°C程度まで)による少量サンプルの炭素化実験も行うことができます。

地域に向けてできること

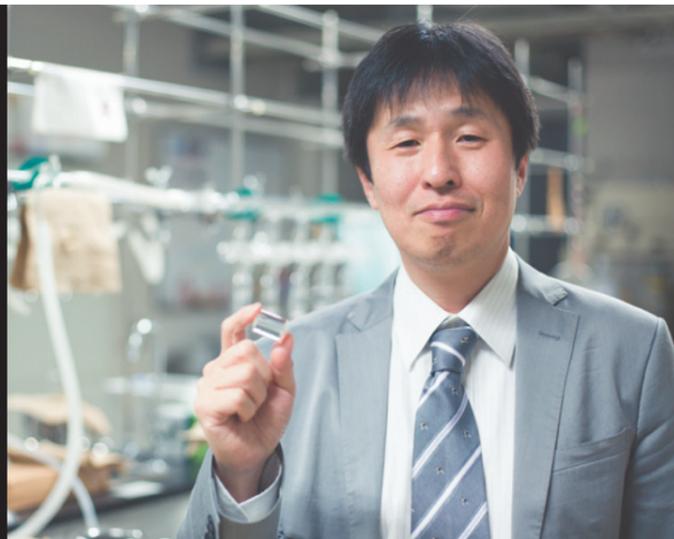
実験用の光源や加熱装置は、各種試験などの目的にご提供可能です。ほかには、共通基礎科目の化学を担当しており、種々の機器を用いる演示実験にも取り組んでいるので、教育面でもご相談にも対応いたします。

研究のカギは「本質」と「融合」。「透明なポリマー材料」の高性能化を追求し次世代光技術への応用を目指す。

009 Tanio LABORATORY 谷尾研究室

教授・工学博士 谷尾 宣久

- 専門分野 透明ポリマー材料、高分子オプティクス
- 慶應義塾大学工学部応用化学科卒業
- 慶應義塾大学大学院理工学研究科応用化学専攻後期博士課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

次世代光技術を担う透明ポリマー材料の高性能化を目指しています。透明ポリマー材料の光学特性(透明性、屈折率)の高性能化に関する研究、また、透明光学材料としての「紙」の可能性を追求する研究をしています。

研究対象の透明ポリマー。「つくる」、「はかる」、「考える」を繰り返して、高性能化を追求します。



光技術分野で用いられる透明なポリマー材料の高性能化を追求

光技術の発展において、透明な材料が果たしてきた役割は極めて大きいものがあります。特にガラス材料は、長い歴史を持ちます。一方、透明なポリマー^{※1}材料も、柔らかさ、軽さ、加工のしやすさといった高分子材料の特長を生かし、光技術分野に貢献してきました。特に、ガラスが使われていたところをポリマーに代えることにより機器の小型化、薄型化、軽量化が達成されました。その象徴がブラウン管テレビから薄型テレビへのチェンジでしょう。そして、現在、透明ポリマーは、テレビやタブレットなどのディスプレイ用光学フィルム、CDやDVDなどの光ディスク、各種レンズ、光ファイバなどに用いられ、光技術分野を支える重要な材料となっています。

光技術分野で使われる透明ポリマー材料には、光学特性の高性能化が要求されています。例えば、光ファイバ材料には究極の透明性

が要求されます。レンズを薄くするためには、屈折率を高める必要があります。また、ディスプレイを見やすくするためには、用いられている光学フィルムの透明性を高める必要があります。

では、どのようにして透明性や屈折率などの光学特性を高性能化すればよいのでしょうか？物の性質はその構造と関係があります。ですから、光学特性の高性能化のためには、ポリマーの構造と光学特性の本質的な関係を理解し、その能力を最大限に発揮させてやるしかありません。そこで、私たちの研究室では、「つくる」、「はかる」、「考える」を繰り返し、ポリマーの本質に迫る研究をしているのです。

持続可能な社会に貢献する新しい透明ポリマー材料を次世代光技術に応用

そして今、透明ポリマーによる新たな光技術のステージが始まろうとしています。それは、ポリマーの柔らかさ、軽さを一層生かした応用

です。フィルム型の次世代照明、フレキシブルな太陽電池、フレキシブルなディスプレイなど、これらが楽しみな次世代光技術です。これらを実用化させるには、ポリマーの光学特性を高性能化するとともに、ガラスに比べて劣っていた耐熱性や熱膨張性などの特性を向上させる必要があります。また、研究を新たなステージへと飛躍させる時、異なる分野との交流・融合が重要になります。

実は最近、木材などの植物繊維をナノレベルまで解したセルロースナノファイバー^{※2}から透明な紙を作れることが分かりました。そこで、透明な紙の次世代光技術分野における透明材料としての可能性を追求する研究を、林産学が専門の先生と共同で実施しました。大学の森の木々を見て、持続可能な社会に貢献する新しい透明ポリマー材料の可能性に胸を膨らませています。透明ポリマー材料について本質的な理解を深め、異分野との交流・融合を行い、楽しみな次世代光技術の発展に貢献したいと考えています。

SEEDS

研究テーマ ポリマーの屈折率予測、透明性制御 透明ポリマーの光物性値予測システムの開発 植物由来透明材料の光学特性

透明なポリマー材料が、ディスプレイ用光学フィルム、レンズ、光ファイバなどに用いられ、光技術分野を支える重要な材料となっています。さらに、フィルム型の次世代照明、フレキシブルなディスプレイなど、次世代光技術への応用が期待されています。これらを実用化するためには、屈折率制御、複屈折制御、高透明化など、透明ポリマーの光学特性を高性能化するとともに、耐熱性や熱膨張性などの特性を向上させていくことが必要です。

谷尾研究室では、透明ポリマーの高性能化をめざし、ポリマーの光学特性について理解を深める研究を行っています。また、透明な紙など植物由来の透明材料も研究対象です。



企業等への提案

- 以下のような技術・知見を有しています。ご相談ください。
- ①透明ポリマー材料の光学特性の高性能化技術(屈折率制御、高透明化)
 - ②透明ポリマーの光物性値予測システム
 - ③植物由来透明材料の光学特性

地域に向けてできること

- ①訪問講義(講義テーマ例:「今こそ知りたい! 透明なポリマー」、「化学の魅力、研究の魅力」等)
- ②子ども化学実験(実験テーマ例:「スライムを作ろう!」、「ポリマーを楽しもう!」等)
- ③研究室見学
- ④技術相談

※1 「ポリマー」 多くの分子がつながった巨大分子のことで、日本語では「高分子」と訳されています。プラスチックやゴム、繊維などはポリマーからできています。また、DNAやタンパク質、植物繊維の主成分であるセルロースなどもポリマーです。

※2 「セルロースナノファイバー」 植物繊維をナノレベルまで解することにより得られる繊維状物質。高強度で軽く、熱膨張も小さいという魅力的な性質を持ちます。

目には見えないものをゼロから。 有機合成だからできる「ものづくり」を。

010 Horino LABORATORY

堀野研究室

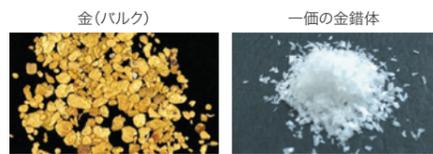
教授・博士(工学) 堀野 良和

- 専門分野 有機合成化学、有機反応化学
- 長崎大学工学部応用化学科卒業
- 長崎大学大学院生産科学研究科海洋資源学専攻博士課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

これまでの有機合成反応では実現が難しいような高難易度の分子変換を目指した有機合成反応の開発と反応機構の解明まで、包括的に研究しています。



金(バルク)は化学的に不活性ですが、一価や三価の金錯体はこれまでの有機化学では成し得なかった分子変換反応を可能にします。

有機化学の知識と技術で 新たな材料も技術も開発

専門分野の有機合成化学とは、有機合成によって望みの化合物をつくること。建築に例えるなら、ビルや家を建てることです。もう一方の専門分野の有機反応化学とは、ビルや家を建てるための道具を生み出すものといえます。

有機合成化学の私の研究例の一つ挙げるなら、固体状態で発光する有機蛍光材料の開発があります。溶かした状態で発光する材料は実用化が進んでいて、コンサートなどで使われるケミカルライトもその一つです。ただ、もっと強い光が欲しくても、溶液の濃度を濃くしてしまうと化合物同士が干渉して発光の機能が低下してしまうといった問題があります。固体になった時だけ光るこの材料であれば、固体をたくさん集めれば強く光らせることができますし、例えばインフルエンザウイルスの検出など、これまでとは違う用途に使うこともできます。

有機反応化学の研究では、新たな分子創製技術の開発に取り組んでいます。例えば何か

の薬を開発する時、工程数が10段階よりも5段階で済む方が、必要な資源も廃棄物も少なくなります。現代社会では、限りある資源を有効活用するため無駄なプロセスをできるだけ減らしてショートカットでものをづくりが求められており、私も既存の技術の改良ではなく、ものづくりの根幹から変えることを目的に研究を進めています。

ほかにもこれまで、医薬品開発の研究などに関わってきましたが、今後は地元・千歳市の産業や需要に自分の技術を活用する共同研究などにも取り組んでいく考えです。

分子設計と合成経路の立案から 合成まですべてを自分の手で

「ものづくり」には、建物や乗り物などをつくる目に見えるものづくりの分野と、有機合成化学のように目には見えないものをつくる分野があります。目には見えないものをゼロからつくり上げていくからこそ難しさがありますが、感動も大きい。私たちが有機化合物を合成する時には、まず分子設計と合成経路の立案を行い、フラスコの中でものをつかっていきます。家

を建てる時にも設計図はありますが、設計者は家を建てるわけではありません。有機合成化学の場合は、すべて自分の手でつくれることが面白さ。目には見えないものをつくり上げていくことに、ワクワクしてくれるような学生が出てきてくれるとうれしいです。

研究室の中では、学生と教員という立場ではなく、同じ方向性を持って研究に取り組んでいく仲間同士。それぞれがやっている仕事に対して、意見を言い合えるような関係でいたいと思っています。学生は時に、突拍子もないことを見ついたりします。経験や知識があるとしても固定観念があるため、予想に基づいて研究を進めがちですが、学生は選択肢を排除しないで取り組みます。1年間の研究活動でも、想像を超えた何かを見つける可能性は十分あります。金を触媒に用いて新しい化学反応を生み出す研究、痛みを和らげる作用のある有機化合物の開発などに取り組んでいきます。

研究活動を通じて、有機化学の知識をつけるのはもちろんですが、ディスカッションやプレゼンテーションの機会も重視し、話す力や伝える力など社会で役立つ能力も身につけてほしいと思っています。

SEEDS

研究テーマ 高難易度分子変換反応を指向した 効率的な有機合成反応の開発

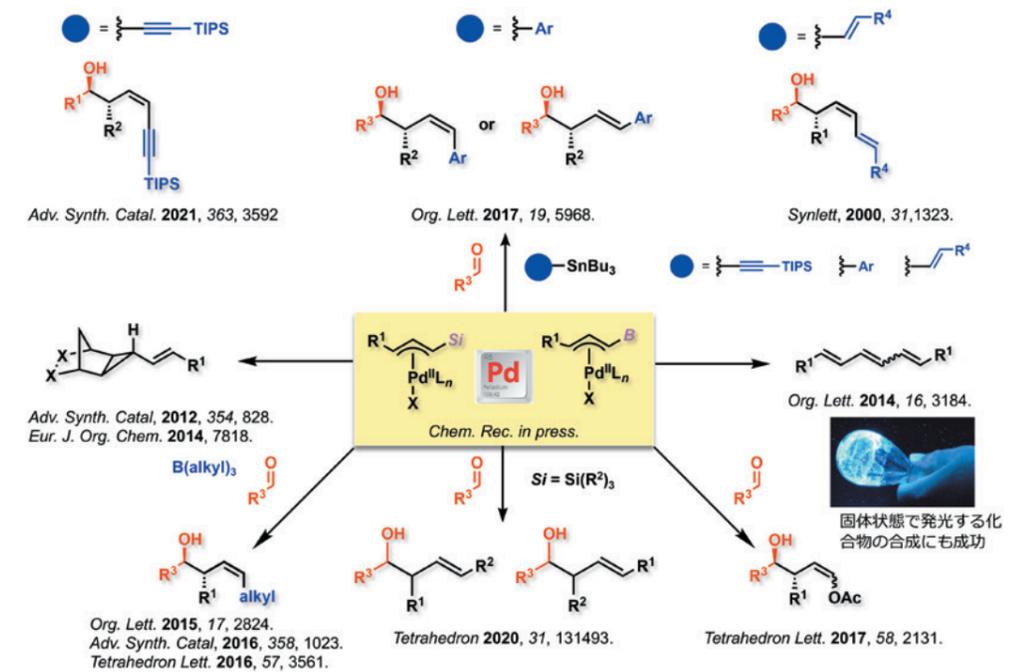
当研究室は、遷移金属を触媒として使う有機合成反応の開発に取り組んでおり、現在はパラジウムを使った多成分連続型の反応を手がけています。有機合成反応は2つの成分を反応させて化合物をつくるのが一般的ですが、当研究室が開発した方法では、触媒を使って3成分もしくは4成分の化合物をショートカットでつくることができます。

金触媒を使った新しい有機合成反応の開発も進めています。金触媒による有機合成反応の開発は世界中の研究者がしのぎを削っており、2000年から現在にかけて「ゴールドラッシュ」と呼ばれるほど多くの研究例が報告されています。

また、「ラジカル反応を用いた新規分子変換反応」などの開発にも成功しているほか、「アレニリデン金触媒を経由する世界初の触媒的分子変換反応」を発見し、その性質解明に取り組んでいます。

こうした「ものづくり」をするための“道具”を開発することによって、より効率的で短工程での有機合成反応が可能になります。これらの研究を通して、例えば医薬品の開発など幅広い分野に貢献することを目指しています。

遷移金属触媒を用いた新規分子変換反応の開発



企業等への提案

有機化合物の合成だけでなく、製品に不純物として含まれる有機化合物の同定や化学合成を行うことができます。また、天然成分の化学合成にも対応できます。

地域に向けてできること

食品、香料、天然成分などの微量有機化学物質の化学合成を行うことができます。また、それらを分析するための情報や装置の提供が可能です。

「デジタル×生物学」。生物が持つ 超高機能情報処理能力の理解・利用へ。

011

Morohashi
LABORATORY

諸橋研究室

教授・博士(バイオサイエンス) 諸橋 賢吾

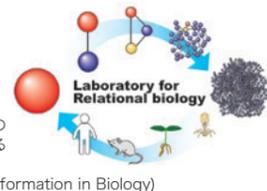
- 専門分野 ネットワーク生物学、システム生物学、情報生物学、合成生物学
- 東京理科大学工学部応用生物科学科卒業
- 奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス研究科 博士後期課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

基礎研究をベースに、社会に貢献できる何かを見出すこと、新たな価値を創造することを意識しています。何かと何かの関係性が生み出すネットワークをさまざまな視点から捉え、生体内におけるネットワークの意味や意義を説明します。

生物学と情報科学の融合で生命を追求する「デジタル×生物学」(DxBio: Digital transformation in Biology)



生物学と情報科学の二刀流で ブレイクスルーを目指す

生物は、環境に適応し、生き残り、子孫を残すために、膨大な情報の取捨選択を絶えず行っています。しかし、生物が備えているこの超高機能情報処理能力は、いまだに再現できていません。深層学習のもとになったニューラルネットワークですら、ほんの一部を利用したにすぎないのです。人間を取り巻く情報が指数関数的に増加し続けている現代社会において、生物が持っている超高機能情報処理能力を利用できれば、大きなブレイクスルーが起きるに違いありません。私は、生物が持つ超高機能情報処理システムの仕組みの解明とその利用を最終目標として研究に取り組んでいます。

科学的に生物情報処理システムを理解するには、定量性が必要です。気分や感想では科学に重要な再現性を確保できませんから、生物が扱う情報を定量的、すなわちデジタルデータとして扱う必要があります。それが、「デジタル×生物学 (DxBio: Digital transformation in Biology)」です。そもそも生物情報を扱う

場合にデジタル化は相性が良く、例えば遺伝情報はゲノムにコードされた「ACGT」という4つのテキストデータの羅列です。遺伝情報を解読すること、新聞から意味のある情報を導き出すことは、ほぼ同義といえます。

デジタル×生物学は、近年の技術革新の成果によって生まれた新しい分野です。生物が微細なレベルで行っているデジタルデータを検出できるようになったことで、これまで定性的にしか扱えなかった生物データを定量的に扱えるようになりました。これにより、仮説であったさまざまな生命現象を、デジタルデータによってようやく実証できるようになったわけです。

この研究を進めていく上で重要なのは、データの取得と解析です。データを取得するためには、例えば植物を育てるところから始めて、最先端の分子生物学手法による作業に取り組めます。そこで得られるデータは超膨大で、1つの実験によってテラバイトの情報が得られることもあります。そうしたデータを解析するために必須なのが、コンピュータを用いた情報科学的なアプローチです。私たちの研究室は、生

物学と情報科学の二刀流でテーマに挑んでいきます。

自分にとって面白いことを 強いハートでやり続けよう

研究室では、学生の自主性を重視。それが私がフォローしていくスタイルです。生き物に関係することであれば、医学や薬学、農学など幅広い分野のテーマも考えられますし、それぞれが面白いと思うことに取り組んで、私の知らない、あるいは私を打ち負かしてくれるようなことを見つけてくれたらと期待しています。主体的に研究に取り組んで、面白い!という感覚を抱く経験を学生時代にしてほしいと思っています。ただ、自分が面白いと思うことをやり続けるには、強い信念と自信が必要です。研究活動を通して、強いハートを育てていただくと考えています。それはきっと、卒業後も生かせる力になるはずですよ。

まだ新しい研究分野だからこそ、研究を進展させ、社会に広めていくことに、これからぜひ一緒に取り組んでいきましょう。

SEEDS

研究テーマ 生物が持つ超高機能情報処理能力の理解と応用

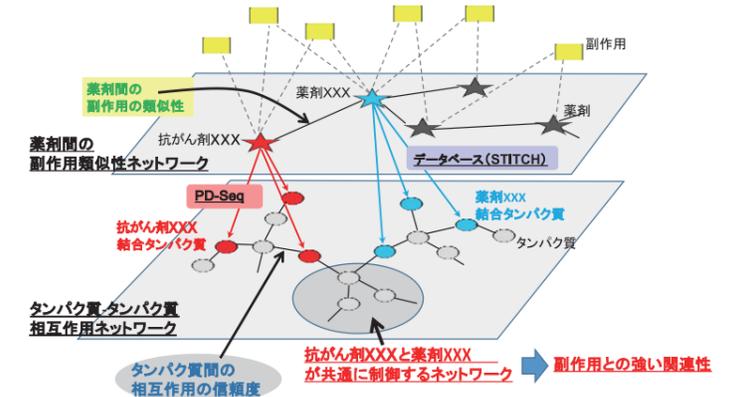
諸橋研究室は、生物が持つ超高機能情報処理能力の理解と応用に向け、「デジタル×生物学」をコンセプトとして、実験生物学的アプローチと情報科学的アプローチの二刀流で研究に取り組んでいます。

主に生体内ネットワークをベースに、生物にとってのネットワーク構造の有用性の解明や、低分子化合物(ポリフェノール)の生体内ネットワークへの関わりを解明することで予防医学への適用を目指しています。

諸橋研究室の研究テーマ例

抗がん剤の副作用のメカニズムに迫る

抗がん剤の分子標的薬は、一般的には副作用が軽度とされていますが、重篤な副作用が引き起こすケースがあることから、そのメカニズムの解明に取り組まれました。研究では副作用に着目し、副作用が似ている薬剤に共通するネットワークが存在するかを解析。図の上段「薬剤間の副作用類似性ネットワーク」と、下段「タンパク質-タンパク質相互作用ネットワーク」のオーバーラップしている部分が、薬剤が共通に制御するネットワークで、副作用に関連性があると示唆されました。



薬剤間の副作用の類似性・・・薬剤同士が持つ副作用の種類がどれだけ類似しているか。

匂いバイオセンサで 農作物の非破壊検査を

匂いに応答するバクテリアの特性を活用して、匂いバイオセンサの開発に取り組んでいます。ブロッコリーの匂いから新鮮さやおいしさを判断する研究を進めており、農作物などの非破壊検査への応用を考えています。

健康に効果的な ポリフェノールを探索

例えば白血病の治療薬の補助としてポリフェノールを活用し、副作用を軽減して効果を補うことができないか。ポリフェノールとタンパク質の関わりについて、実験とコンピュータによる解析でアプローチしています。

ゼニゴケから 生命の進化を解き明かす!

ゼニゴケとシロイヌナズナの遺伝子制御ネットワークの違いを調べることで、ゼニゴケ→シロイヌナズナの進化の過程でどのような変化が起きたのかを研究。この発見から、生命の進化の秘密を解き明かせるかもしれません。

企業等への提案

バクテリアが持つ揮発性物質への遺伝子ネットワークを利用することで、匂いバイオセンサを開発しています。また、ポリフェノールの生体内ネットワークの情報解析のアプローチで、健康に有用なポリフェノールの組み合わせを探索しています。

地域に向けてできること

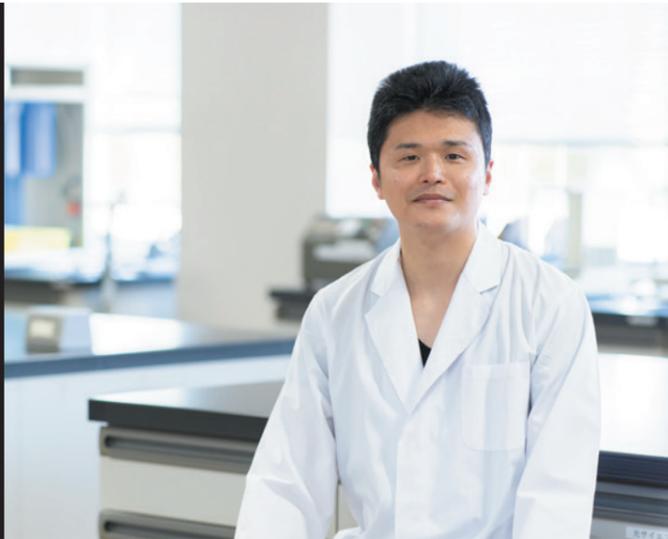
- ・農作物等の非破壊的検査へのバイオセンサの応用
- ・生体内タンパク質ネットワークとポリフェノールとの関係性を定量的に明らかにすることで、農作物のポリフェノール含有量と最適な疾患予防の組み合わせを予想

自分のアイデアと腕で、フラスコから 世界初の物質を創り出そう。

012 Wakizaka LABORATORY 脇坂研究室

准教授・博士(理学) 脇坂 聖憲

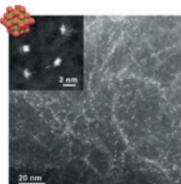
- 専門分野 錯体化学、ナノ材料科学
- 北海道大学理学部化学科卒業
- 北海道大学大学院総合化学院総合化学専攻博士後期課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

2023年に着任し、研究室を立ち上げ中です。スタート段階のため大変なことも多いですが、科技大発の成果として論文、さらには特許や実用の方向に伸ばしていくことも意識しながら研究に取り組めます。

化学合成したナノ粒子の電子顕微鏡画像。



注目が高まる量子機能を 発揮する材料の開発に挑戦

ナノ粒子と複合材料の二つが研究テーマ。中でも、磁気特性を持つものを主に扱っています。そもそもは学部生時代に金属錯体を用いた分子レベルやマクロスケールの研究に取り組み、そこから発展して中間スケールであるナノやメゾ領域にも挑戦したいと思い、ナノ材料などに進んできました。

研究の目的としているのは、新しい材料や機能を創り出すこと。特に、量子的な物性に興味を持って研究に取り組んでいます。量子は古典的な力学とは違って、波としての性質が強く現れるので、現実離れた少し不思議なことが起きる面白さがあります。近年、量子コンピュータや量子通信技術への注目度は高まってきていますから、そのような量子機能を発揮する材料を開発したいと考えています。

私の研究は、化学合成が主体です。アイデアをもとに新規合成したサンプルを測定し、データ解析するまでが一連の流れです。化学合成の魅力は、なんといってもフラスコで自由に合

成できること。自分のアイデアと腕自体で、世界初の物質を創り出せるところに面白さがあります。量子機能を発揮する新しい材料の開発など、一つのまとまった仕事をしたいと考えて研究を進めているところです。ほかにも例えば、さまざまな取り組みが広がっている「SDGs」の観点から考えるなら、できるだけ環境負荷が少ない材料、CO2排出が少ない材料などの方向性にも興味があります。そうしたアプローチから、北海道の地域特性に合わせた課題も今後の研究テーマとして取り上げることができればと思っています。

合成、測定、データ解析 化学も物理も学べるのが魅力

本研究室では、学生にもナノ材料と複合材料の方向性の中で研究に取り組んでもらいますが、それぞれのテーマは自主性に任せたいと思っています。化学合成するというのが一番の研究室ですから、フラスコで混ぜて合成することが好きならびつたりはまずです。加えて、自分で合成したサンプルを測定して、データを解析するまで取り組むので、化学と物理の両方

を学び、興味に応えることができます。

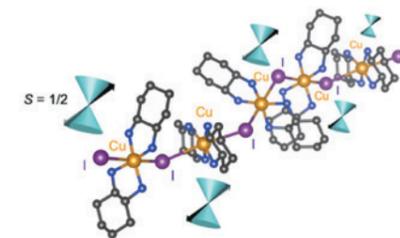
自分で新しい物質を創り出せることがこの研究分野の大きな魅力。自分の中にアイデアがあれば、いくらでも試すことができます。その中で、何か面白いものを見つけてくれたらいいなと思っていますから、アイデアがあればどんどん自由に試してみしてほしい。私も、これまでそうやって研究活動を続けてきて、「実験は楽しい」と感じてきました。ですから、学生にも同じように、自分で手を動かしてやってみる楽しさを感じられるような研究室を目指しています。もちろん、研究活動には地道な作業も必要になりますが、そこもできるだけ楽しく取り組める研究室づくりを工夫し、自分の興味やアイデアから見つけたテーマの実験を楽しんでほしいと思っています。

当研究室の魅力は、自分で手を動かして新物質を合成し、測定し、データ解析する、という実験と研究が丸ごとできるところ。その研究活動を通じて、化学と物理の基礎をしっかり身につけ、卒業論文をまとめていく過程で論理的に考える力もつくはず。学生たちが広い視野を持って、新しいことに挑戦してくれるのを期待しています。

SEEDS

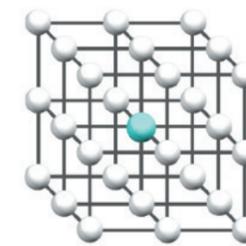
研究テーマ 化学合成を基本に ナノや量子レベルの機能開発を

化学合成を基本にして、ナノ触媒、ナノ磁石、量子マテリアルといったナノや量子レベルの機能開発の研究を行っています。ナノ物質と一口に言っても、サイズはさまざまですし、穴あき(ポーラス)構造を持つものもあり、今後はそうした方向性の研究にも取り組んでいきたいと考えています。自分のアイデアと腕で新規合成したサンプルを測定し、データ解析することで、化学と物理の両方を学び、社会に役立てることを目標としています。



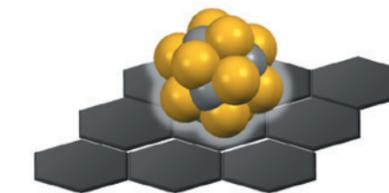
量子スピン材料の研究

単イオン磁石はスピントロニクスや量子デバイスの新たな材料として期待されていますが、単イオンが示す量子磁性の研究は浅く、体系的で十分な理解には至っていません。本研究では、金属有機構造体(MOF)という物理的かつ化学的に安定な物質を剛直なフレームワークとして活用することで、金属イオンの種類や配位環境を制御した単イオン磁石の新材料を創製し、量子磁性を明らかにします。この材料を用いて、量子コンピュータの素子となる量子ビットをつくれないうかが検討しています。量子ビットにはいろいろな種類があり、これはスピン量子ビットという電子スピンを利用するタイプで、研究が進んでいる超伝導量子ビットより使用しやすいもの。新材料を自分たちで設計し、つくり、測定して機能を明らかにしていきます。



金属炭化物ナノ物質の研究

金属元素と炭素の化合物である金属炭化物は、セラミックに分類されるような頑丈で安定な物質ですが、合金系として金属的な電気伝導や磁性を示す特性もあり、興味深い物質群です。古くからよく知られている物質である半面、ナノ物質や多元素物質としてはつい最近まで注目されてきませんでした。本研究では、ナノ物質および多元素物質分野に金属炭化物の概念を導入した最先端の材料開発を行います。この材料を使って、新しい触媒をつくれないうかが考えています。これまでの研究で既に、二酸化炭素の還元触媒として働くということを明らかにしているため、二酸化炭素を資源として活用するような方向性につなげられるのではないかと考えています。環境触媒として、SDGsの観点からの貢献も目指しています。



企業等への提案

本研究室のテーマに関連することで、共同研究できる可能性や機会があれば、ぜひ一緒に取り組みを進めたいと考えています。

地域に向けてできること

教育・研究活動を通して人材育成に取り組むことで、北海道を元気にしていきたいという気持ちがあります。特に千歳市は半導体への注目が高まっており、専門性を備えた人材がより必要とされるため、その面でも貢献できればと思っています。

電子光工学科

DEPARTMENT OF OPTO-ELECTRONIC SYSTEM ENGINEERING

INDEX

- 001 青木研究室 ————— 33p
画像工学・生体医工学・福祉工学・スポーツ工学・
農業工学・メディアアート
- 002 江口研究室 ————— 35p
光波・電磁波伝搬シミュレーション
- 003 小田(尚)研究室 ————— 37p
ロボット制御・ロボットビジョン
- 004 小田(久)研究室 ————— 39p
光物性・光デバイス
- 005 唐澤研究室 ————— 41p
超短光パルス技術・非線形光学
- 006 高島研究室 ————— 43p
光子を利用した量子技術
- 007 長谷川研究室 ————— 45p
機構デバイス工学・光応用計測・科学、工学教育
- 008 春田研究室 ————— 47p
半導体工学・生物工学
- 009 福田(誠)研究室 ————— 49p
アナログ電子回路
- 010 山田研究室 ————— 51p
通信とコンピュータの融合
- 011 横井研究室 ————— 53p
光計測・制御技術
- 012 吉本研究室 ————— 55p
社会を支える光ファイバネットワーク



三次元画像センサなど技術を広く実用化し、社会貢献につなげることを目指しています。

001

Aoki LABORATORY

青木研究室

教授・博士(工学) 青木 広宙

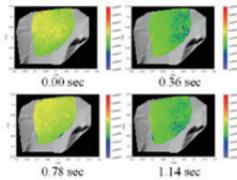
- 専門分野 画像工学、生体医学、計測工学、福祉工学、スポーツ工学
- 早稲田大学理工学部資源工学科卒業
- 慶應義塾大学大学院理工学研究科学位(博士)取得



A PPEAL POINT アピールポイント

三次元ビジョン技術の応用研究
Depthカメラを用いた三次元形状復元法
→ 人の姿勢推定
・人の非接触生体信号計測
・植物の形状計測
・マーカレスモーションキャプチャによる
ヒューマンインタフェース

三次元画像センサを用いた非接触計測で、胸部表面に表れる心臓拍動による振動を可視化。



人にストレスをかけない 非接触で呼吸や心拍を計測

現在の研究のメインは三次元画像センサです。センサの開発とアプリケーションの研究・開発、特に人を対象にした計測を中心に取り組んでいます。主なテーマとしては、生体信号といわれる呼吸、心拍の計測を非接触で行う研究です。呼吸の計測に関しては、潜在的に多いCOPD^{※1}の患者さんの手軽なスクリーニング検査として、例えば健康診断で血圧を測定中に同時計測できるようなシステムの開発につながっています。

世界で初めて、運動している人の呼吸も非接触で計測しました。通常はマスクをつけるため非常に拘束感が高いのですが、それをまったく感じずに計測できます。運動中の呼吸の変化を測ることでその人に最適な運動強度が分かるため、効果的なダイエットや筋肉の増量につながります。この研究成果を元に、千歳市内の企業と共同でエクササイズ支援システムを開発。エアロバイクを約10分こいで三次元画像センサによって呼吸量を計測し、それに基

づいて短時間で効果的な運動を実現します。接触型の計測装置よりはるかに低価格なシステムとして、既に製品化が進んでいます。

心拍の計測は東京女子医科大学との共同研究です。病気のスクリーニングやモニタには心電図を見ますが、それは電気的な現象であって、実際に心臓の拡張・収縮は見えていません。そこで、体の表面に現れる心臓によるわずかな動きを可視化し、視覚情報として心臓の状態をとらえようという試みです。ほかにも、人の姿勢や呼吸を計測して入浴を見守る安否監視システム、太陽光に近いプラズマ光源を野菜や果物の生育に使用するシステム、スキージャンプの計測など、さまざまなテーマが進行中です。

社会貢献の一環として文化の振興を考え、プロジェクションマッピング^{※2}にも取り組んでいます。最近、増えている科学技術と融合したアートの面白さを広めていこうと、苫小牧市美術博物館や本学のオープンキャンパスなどを舞台に学生サークル「ライトアート工房」とともに活動しています。

工学の「発明」と理学の「発見」 両面を見られるのが面白さ

社会貢献につながる実用化を目指した研究をキーワードとしているので、他大学や企業との共同研究・開発が多いことが特徴です。常に実用化を念頭に、使いやすいか、広まりやすいかなどを考え、面白く思ってもらえるものをつくっています。共通しているのは、生活を変え、良くしていくような技術。あったらいいなと思うようなものです。そのために、いろいろな人と交流することを大切にしながら活動しています。

私は一般的に言えば工学の研究者ですので、今までないものを発明することが目標です。専門の画像工学の観点から見ると、いろいろなところで役立つので、いろいろな人とコミュニケーションが取れ、その結果として今まで分かっていなかったことが発見できたりもする。工学の目標である「発明」と、理学の目標である「発見」の両面を見られる面白さを感じながら研究を続けています。

SEEDS

研究テーマ

非接触生体信号計測システムの開発、安否確認システムの開発、植物モニタリング、エクササイズ支援システムの開発、光アートなど

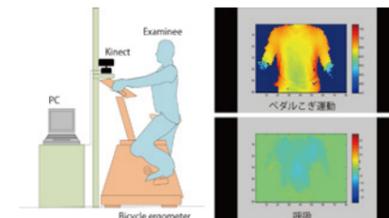
青木研究室では、主に、画像工学・生体医学・福祉工学・スポーツ工学・農業工学・メディアアートに関連する研究活動を行っています。

2013年7月の研究室の発足以来、手探りではありますが、所属学生とともに一步一步着実に、研究活動を進化・深化させてきました。

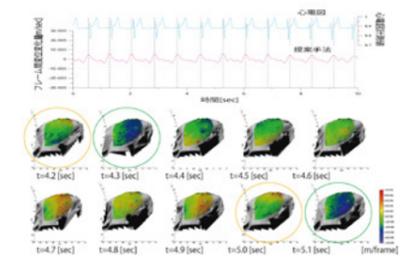
研究活動が社会貢献につながるように、研究成果の実用化を念頭にいた研究テーマに取り組んでいます。

他大学・医療機関・企業・研究所等との連携を推進し、実社会と接する機会を大切にしていくことで、所属学生が社会に出てから役立つような様々な経験を積むことができるよう心がけています。

- 三次元画像センサを用いた非接触生体信号計測とその医療応用
- 三次元画像センサを用いた安否監視システム
- 擬似力触覚を用いた運動支援用ヒューマンインタフェース
- レーザレンジファインダを用いたスキージャンプの計測
- 技能伝承を目的としたハプティクスデバイス・ヒューマンインタフェース
- 農作物の生長状況の三次元モニタリングシステム
- メディアアート制作を通じたアートとサイエンスとの接点に関する検討



三次元画像センサを用いて運動中の呼吸の非接触計測
大きなペダルこぎ運動から呼吸運動のみを抽出します(埼玉医科大学、地元企業との共同研究)



擬似力触覚を利用したハプティクスデバイス
指導者の動きと筆先の微小な力覚を生徒に伝えて書字技能の習得を支援します(NHK-BSで放送)

三次元画像センサを用いた非接触心拍計測
胸壁に現れる心臓拍動を非接触計測し可視化します。聴診や触診に替わり、目で心臓の状態を把握できるようになります(東京女子医科大学との共同研究)

企業等への提案

三次元ビジョン技術を用いることで、これまで難しかったAIによる環境認識が簡単に実現し、様々な分野でのモニタリングやスクリーニングへの展開ならびに実用化が期待されます。

地域に向けてできること

- ・急な転倒を三次元ビジョンとAIで自動的に見守る安全監視
- ・呼吸や心拍の非接触計測による生体モニタリング
- ・身振り手振りシステムをコントロールするヒューマンインタフェース
- ・植物の生育モニタリングの定量化

※1 「COPD(Chronic Obstructive Pulmonary Disease)」 慢性閉塞性肺疾患。喫煙が原因とされる肺の炎症性疾患で、未診断・未治療の患者が多いといわれています。
※2 「プロジェクションマッピング」 ビデオやコンピュータグラフィックスなどの映像を建築物などの立体物に投影する技術。

高速・大容量の光ファイバを見つけ出し、 世界を驚かすのが目標です。

002 Eguchi
LABORATORY

江口研究室

教授・工学博士 江口 真史

- 専門分野 光波・電磁波の波動伝搬解析、シミュレーション工学、高複屈折フォトニック結晶光ファイバの開発、大規模・超高精度シミュレーションとその高速化技術の開発
- 北見工業大学工学部電子工学科卒業
- 北海道大学大学院工学研究科電子工学専攻博士後期課程修了

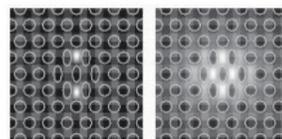


A PPEAL POINT アピールポイント

「適用分野」
耐環境性や取り扱いの容易さが求められる車載光ファイバや建屋内 Wi-Fi 環境の最適設計のためのアンテナ配置設計。さらに、高速な大規模数値シミュレーション。マイコンを用いた制御、センシング。

「研究ステージ」
基礎研究
「製品化、事業化イメージ」
プラスチック光ファイバ、屋内電波伝搬シミュレータ。

研究テーマのフォトニック結晶光ファイバ。



新たな可能性を見せてくれる コンピュータシミュレーション

私の研究室が行っているのは光ファイバのシミュレーションです。特に、フォトニック結晶光ファイバ^{※1}の分析と、新しい構造の提案、効率的なシミュレーション手法・解析手法の研究をしています。より高速に大容量を取り扱える光ファイバを実現するため、光ファイバそのものの基礎研究を行っています。その結果がゆくゆくは社会に役立つことを目指しています。

ここで行うのは実際につくったりする研究ではなく、あくまでもシミュレーションです。昨今は地震や放射能の問題でもシミュレーションの話題が取りざたされています。それだけシミュレーションは、今やありとあらゆるところで欠かせない存在となっているのです。巨大な構造物建築、アンテナ設置、車の燃費を上げるための空力解析や、天気予報、経済予測など、シミュレーションが大きな役割を果たしています。利用の方法はいろいろありますが、その手前

にある解析技術やコンピュータのプログラミングといった手法の多くは共通しているので、基本的な技術を身につけると、多様なシミュレーションの分野で活躍できます。

なお、コンピュータシミュレーション^{※2}を行う研究室ですから、ここにいる多くのメンバーはコンピュータにとっても興味がある人達です。そうした仲間同士の刺激でコンピュータスキルを上げ、結果としてSEなどコンピュータ分野で活躍するOBも多くなります。

基礎研究の成果がものづくりに 生かされることが大きな喜び

この研究には、一つのこと集中してそれを極めるタイプが向いているかもしれません。私も論文を書き始めたら完成するまで脇目を振らず没頭します。研究自体面白いですが、世界中の人が読むようなポピュラーなメディアに自分の論文が載るのが幸せであり、楽しみでもあります。我々「理論屋」の最終的なアウト

プットは論文で、それを広く知らしめてこそ成果の獲得です。そのために、膨大な時間をかけてシミュレーションなどの研究をしているわけです。私も、1週間コンピュータを動かしてやっと結果が出るようなものを何度も推敲して論文にまとめています。

ぜひ今の研究も世界中の人に知ってもらいたいです。さらに、どこかの国の研究者がその論文を応用して何か別の研究をしてくれたり、実際にものをつくってくれたりすることにも期待しています。我々が世界に向けて発表した基礎研究の成果が、さまざまな応用に広く生かされることで、日本の科学技術の発展にもつながると考えています。

学生にも同じように夢を抱いていただきたいです。そのためにはどういう段取りで研究を行い、アプローチするか、自分で考え、調べていくことです。それは社会に出て必ず役立つことですし、自分で考えることがこの研究室では特に重要と思っています。

※1「フォトニック結晶光ファイバ」断面に多くの微小な穴のある光ファイバ。その穴などの構造によって特性が異なります。
※2「コンピュータシミュレーション」何らかの現象をコンピュータの中で模擬実験します。

SEEDS

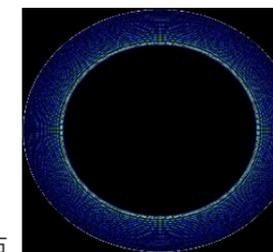
研究テーマ 光ファイバ・光導波路・アンテナ解析

コンピュータを用いた解析、設計技術、いわゆる、数値シミュレーションは超層ビル、巨大橋梁、航空機をはじめとした巨大構造物の解析構造、自動車などの空力解析、電気光分野における電磁波、光波解析、天気予報をはじめとした地球シミュレータで有名な超大規模環境変化シミュレーションなどの物理的な問題に関連した分野はもろろんのこと、経済予測、自然災害の予知、そのメカニズムの解明などますます社会に欠かせない技術となっています。

最近注目されている微細構造をもつフォトニック結晶ファイバやますます高機能、小型化が進む携帯電話、形態端末におけるアンテナなどの設計において、シミュレーションはなくてはならない技術です。

プラスチック光ファイバ

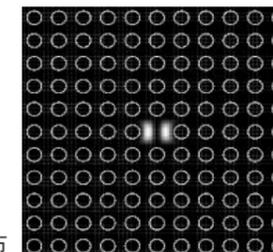
プラスチックのヒモで超高速光通信



プラスチック光ファイバ中の光の分布

フォトニック結晶光ファイバ

穴だらけでも超高速光通信



正方格子ホーリー光ファイバ中の光の分布

フォトニック結晶光導波路

穴だらけでも光は漏れない



フォトニック結晶光結合器中の光の伝搬

企業等への提案

光伝送路の設計、建屋内 Wi-Fi 電波環境のシミュレーション。
マイコンによる制御回路設計。

地域に向けてできること

- 「小中学校」
・科学教室(座学、簡単な実験等)
- 「技術相談」
・コンピュータシミュレーション全般
・コンピュータネットワーク環境
・情報システムに関する助言

人と共存し、安全・安心をサポートする「ロボット」の研究環境は整いつつあります。

003 Oda LABORATORY

小田(尚)研究室

教授・博士(工学) 小田 尚樹

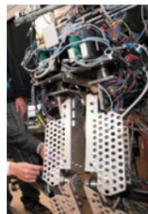
- 専門分野 各種ロボットのモーションコントロール、ロボットビジョン、人間支援システム・アシスト制御に関する研究
- 慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業
- 慶應義塾大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士課程修了



APPEAL POINT アピールポイント

ロボット機器等のモーションコントロールに関する研究に取り組んでおり、特に人間支援型ロボットに求められるモーションコントロール技術の研究開発を行っています。

学生たちの手で独自に製作された二足歩行ロボット。



人間支援型ロボットに欠かせない ロボットビジョンに注目です

ここでは、動くものをつくりたい人には打ってつけの研究室です。自分たちの手で独自にロボットを製作し、モーションコントロール^{※1}や、ロボットビジョンやセンシング技術に関する研究を行っています。人と共存し、生活を支援するロボットの実現を目指しています。

今、特に注目しているのはロボットビジョンです。環境情報を自ら判断して動くためのロボットの視覚機能です。人間の生活環境は一定ではないので、その中で安全・安定的に人間をサポートするロボットの目には、周辺環境を瞬時に認識してアクションに結びつけるリアルタイム性、認識精度、アクティブ性が必要になります。現段階においては二足歩行ロボット、ロボットアーム、電動車いす^{※2}などへの導入に取り組んでいます。

ロボットの分野はまだ手探りの面があり、

さまざまなタイプの実証機も出てきており、それぞれに課題もありますが、その問題解決の積み重ねが大事で、それをこれから大学、研究機関、企業も含めて行っていかなければなりません。機能を限定すれば掃除ロボットのように実用化されたものもありますが、まだまだこれからです。ただ、コンピュータ技術などの進歩もあり、今は人間支援というかたちのロボットを実現するための研究環境が、本当に整いつつあります。

少子・高齢化で必要とされる技術の研究を通して、社会に貢献を

研究室としては、何らかの形で産業技術に貢献していくというのが一つの役割と考えています。ですから、研究室に入ってきた学生には、自分が研究していくことが社会の中でいかに利用される可能性があるのかをよく理解して進めるように伝えています。それをモチベーショ

ンとして、成果を出そうという意気込みを持ち自からいろいろ試して、チャレンジしてほしいと願っています。その上で、これと思った研究に、諦めずに取り組み、やってみようと思ったら、まずは前へ進めて行く努力をすることが大切です。最初は、自分に何ができるのかと自信なさそうな表情をしている研究室の学生たちも、ここで経験を重ねるにつれ、目が輝いてきます。どんな成果を目指して作業しているかを自分で理解して進められるようになると、自信も出てきます。そのために私は、学生の自由な発想が生まれる環境づくりをしていきたいと思っています。

もう一つ、私が学生によく言うのは、社会的な背景の中でロボット技術は今、本当に求められているということです。少子・高齢化の中で労働人口が減り、それをうまくサポートする一つとしてロボット技術があげられています。世界的に高齢化が進む中、日本がリードできる分野になるかもしれません。それは、チャンスと思うべきです。

SEEDS

研究テーマ 二足ロボットの制御・各種ロボット制御・福祉ロボット・ロボットビジョン

ロボットのモーションコントロール(運動制御)やセンシング技術の研究を行っています。二足歩行ロボット、移動ロボットやロボットアームなど、いろいろな形態のロボットを研究対象としています。

産業応用はもちろん、家庭環境、自動車、福祉分野などロボット技術が期待される場面は広範に及びます。コンピュータによる情報処理能力、カメラ画像の処理や各種センサのセンシング技術を効果的に活用することで、「ロボットが人と共存し、人の生活を支援する」、いわゆる人間支援型ロボットに必須となる制御技術の開発に取り組んでいます。

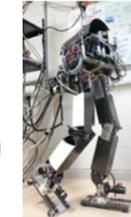
研究室のロボットは、学生が実機検証用に製作したものばかりです。モノづくりや動くものが好きな人にはうってつけの研究分野です。いつでも見学大歓迎です。

視覚センサ搭載

二足歩行ロボット

全12自由度を持ち、ビジョンセンサを搭載しています。視覚情報を活用することで歩行状態の安定性を推定し、信頼性の高い歩行を実現するための制御手法の開発を行っています。

ビジョンセンサ



歩行シミュレータ

- モータ: DCモータ x12
- ギア: ハーモニック減速機
- 高さ: 0.9m (直立時)
- 重量: 約31Kg
- センサ: カセンサ(足首) 加速度センサ(3軸)
- 制御OS: Linux

福祉もロボットで

ロボット車椅子

搭載しているカメラの画像をリアルタイムでコンピュータ処理し、オブティカルフローと呼ばれる視野の変化を解析します。視覚情報を効果的に活用した制御により、ものをよけたり、追従したりといった操縦支援やパワーアシストを実現します。



オブティカルフロー



- 障害物の回避
- 先導者に追従

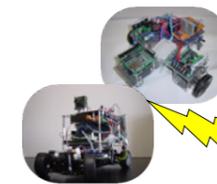


ロボット車椅子

IoT社会へ向けて

ネットワーク環境下におけるロボット制御

IoT(Internet of Things)社会の到来に向けて、コンピュータネットワーク環境を有効に活用した各種モーション制御系の研究を行っています。遠隔制御や人とロボットの協調などの研究を進めています。



コンピュータネットワーク経由で制御



ヘッドマウントディスプレイ

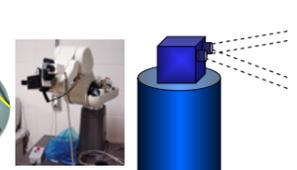
視覚がやはり大切

視覚フィードバック画像処理

視覚情報を基にロボットを制御するためのビジュアルフィードバック制御の研究を行っています。例えば、目で見ているものを追従するような動作をロボットで実現するための制御系の研究を行っています。



ロボットアーム



企業等への提案

モーションコントロールや人間支援機器の計測制御に関する技術相談が可能です。

地域に向けてできること

モーションコントロール技術に関する出張講座や市民講座の開講に対応いたします。

※1「モーションコントロール」 運動制御。ロボットの動きを思い通りに制御するために必要な技術。
 ※2「電動車いす」 視野内の動的変化が伝わり、障害物の回避などをサポートしてくれる電動車いすの研究に取り組んでいます。

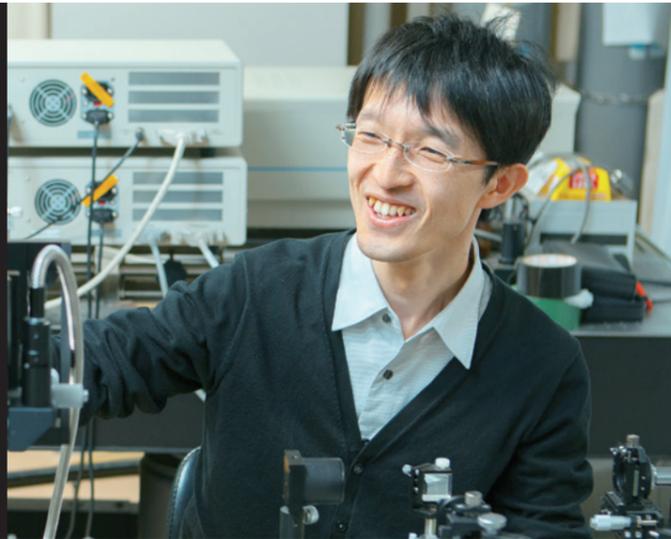
新たな光デバイスを創出するため、光を自在にコントロールすることを目標にしています。

004 Oda LABORATORY

小田(久)研究室

准教授・博士(理工学) 小田 久哉

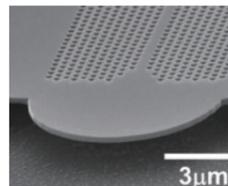
- 専門分野 非線形光デバイス、フォトニック結晶の光物性とデバイス応用
- 千歳科学技術大学光科学部物質光科学科卒業
- 千歳科学技術大学大学院光科学研究科光科学専攻博士後期課程修了



APPEAL POINT

本研究室では、光ナノ構造体におけるパルス光伝搬や光ナノ構造体を利用した新規の光デバイスの創出に関する基礎研究を行っています。

研究に使用するフォトニック結晶。この極めて小さなチップに光を入れデータを測定していきます。



フォトニック結晶を使って光のコントロールを

大きな研究分野は、光物性、光デバイス。光物性とは、物質と光の相互作用ということで、その物質が光に対してどういう特性を示しているかを調べることです。デバイスというのはいわば光の部品で、特性をどういうデバイスに生かせるのかを研究しています。要するに、基礎研究から応用のところへのつなぎの部分を手がけているといえます。

もっと細かい言うと、光の制御が私の一番の興味の対象です。光の特性のうち、発光はLEDやレーザーなどがデバイス化されています。伝搬には光ファイバなどがありますが、まだまだ光の能力のほんの一部しか使っていません。特に、光は速いがゆえに制御ができず、遅くするというのも困難です。そこをどうにか克服する方法として、フォトニック結晶^{※1}というものがあります。フォトニック結晶は屈折率が周期的に変化したナノ構造体のことで、光のコントロールが可能だということが今から約30年前

に提唱され、この10年ほどで研究がずいぶん発展してきました。

このフォトニック結晶が私のテーマです。これを使うと、例えば発光という部分では、強くすることも弱くすることもできる。伝搬では、光をある一部の領域内に強く閉じ込めることができるため、90度に曲げても導くことができます。これは、光ファイバでは無理なのですが、フォトニック結晶を使えばチップサイズの光集積回路^{※2}のチップも可能になります。さらに面白いのは、光を遅くすることもできる点。光がゆっくり進むと、物質と光が相互作用している時間が長くなりますから、相互作用によって生まれる現象が小さな入力パワーで大きく出せるので、その効果を使うことができます。

本学在学中に現在も取り組むテーマと出会い、研究の道へ

私がこの研究テーマに出合ったのは、1999年。学部2年の時にフォトニック結晶という名前を雑誌で見つけ、直感的に面白そうだなと思って

記憶に強く刻まれました。当時、国内でフォトニック結晶を本格的に研究しているグループは少なく、その中の北大の先生が退官され、運がいいことに、私が学部4年の時に本学の客員教授に就任。それがきっかけで研究を手伝わせていただき、それ以来このテーマについて研究を行っています。学生の皆さんにも、在学中に自分が興味を持って取り組めるものをぜひ見つけてほしいと思います。

卒業生である私が思う本学の一番の良さは、学生と先生との距離の近さ。これは、私の学生時代から続いていて、本当に本人に意思があれば、力を伸ばしやすい環境です。私も学部1年時から自分で研究室を訪ね、勉強させてもらっていました。私の研究室へも、気軽にどんどん訪ねてきてほしいですね。

この研究室の魅力は、今まで誰も見たことがない新しい現象や特性を見ることができるところ。そして、遠からぬ将来、社会で広く使われたり、役に立つはず。そう信じていることが、研究のモチベーションにもなっています。

SEEDS

研究テーマ フォトニック結晶の非線形光デバイスに関する研究

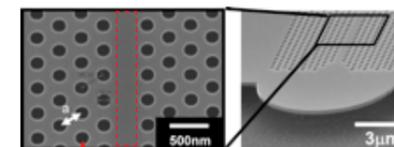
光を自由自在に操作。21世紀は光の時代と言われています。我々の身近な所でも信号機や車のヘッドライトがLEDに変わり、ソーラーパネルによる発電、スマートフォンの顔認証に代表される光センシングなど、光の担う役割は重要になっています。

本研究室では、今後重要となる「光」を自在に操ることができる革新的な光技術を実現し、エネルギーや高度情報通信技術等、次世代のスマート社会に寄与することを目的としています。我々が注目しているのは屈折率を周期的に変化させたナノ構造体であるフォトニック結晶と呼ばれるものです。フォトニック結晶を利用することで光の速度制御や、微小空間での光の捕捉等さまざまな新しい光技術が可能になります。

また、その他にも光磁気効果等新しいテーマの研究についても学生と力を合わせチャレンジしています。

二次元フォトニック結晶導波路

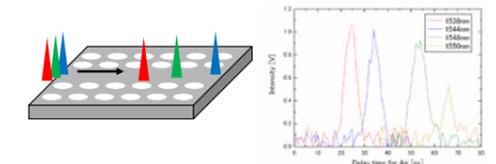
フォトニック結晶は屈折率が異なる物質を周期的に配置させた人工的なナノ構造体です。我々はGaAsという半導体の薄膜面に周期的に直径約180nmの空孔を導入した二次元フォトニック結晶を作製しています。また、一部を空孔を入れず(赤点線部分)に、その部分を光導波路として機能させます。



直径180nmの空孔を周期的に配置
— 髪の毛の約40分の1!

フォトニック結晶導波路を利用した光速度制御

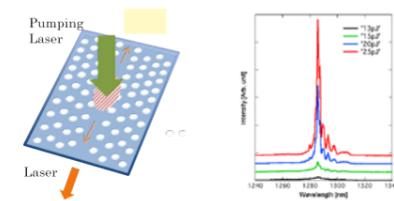
フォトニック結晶導波路中では光の速度が波長によって大きく異なります。光の速度を遅くすることにより、光と物質の相互作用を強くすることや、光スイッチや光フリップフロップ回路に応用することができます。



色(波長)の異なる3つの光パルスが異なる速度で伝搬している様子(左)。実験室で実際に測定した結果(右)長波長になると到達時間が遅くなっています。

フォトニック結晶導波路を利用したレーザー

光の速度を極端に遅くすると、光の進行方向に光共振器がなくともレーザー発振する新しい原理のレーザーが可能になります。



フォトニック結晶レーザーの概念図

光スペクトルの観測結果からレーザー発振していることが確認できます。

酸化半導体薄膜の光デバイス化

酸化半導体の多くは広いバンドギャップを持ち、光デバイスとして多くの可能性を秘めています。我々はスパッタ法を用いた酸化半導体薄膜の作製を行なっていますが、酸化ガリウムは次世代のパワー半導体として注目されていますが青紫で光ることもできるので、我々は酸化ガリウムをはじめとした酸化半導体の蛍光体薄膜の研究を行なっています。



RFマグネトロンスパッタ装置

企業等への提案

光の微小領域計測の技術提供と光の計測装置の使用、光を使った分析(目に見えない光も可能)や材料評価法。

地域に向けてできること

中高生向けの光を使った模擬実験、市民講座。

※1「フォトニック結晶」 屈折率の異なる物質が周期的に並んだ構造体。チップの穴の大きさは約240nm。
※2「光集積回路」 電子に置き換わって光で処理するLSIにより、超高速の光コンピュータ実用化の可能性も。

ものすごい一瞬を生み出す「超短光パルスレーザー」、そこから新しい世界を広げたい。

005

Karasawa
LABORATORY

唐澤研究室

教授・Ph.D 唐澤 直樹

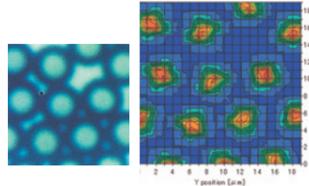
- 専門分野 超短光パルス技術、非線形光学、非線形ファイバ光学、フォトニック結晶ファイバ
- 慶應義塾大学工学部電気工学科卒業
- カリフォルニア工科大学(アメリカ)応用物理専攻博士課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

レーザーによる新規計測技術等の基礎的研究を行っています。特に超短光パルスレーザーを用いた超広帯域光の発生と分光計測、デジタルホログラフによる超高速現象の振幅位相計測等の研究を行っています。

顕微鏡画像と超短光パルスレーザーによる発光から得られた構造。



超高速現象を三次元で記録できる デジタルホログラフへの 応用を研究中

レーザー技術に関しての研究で、特に超短光パルスというものすごく瞬間的な光レーザーを使って、新たな可能性を探っています。画像計測や顕微鏡などへの応用を考えています。また、この超短光パルスレーザーと組み合わせると非常に興味深い特性を持つフォトニック結晶ファイバというファイバの設計や実験も行っています。フォトニック結晶ファイバに超短光パルスレーザーを入れると色を自在に変えることができ、例えば赤色の光を入れると虹色の光が出てきます。そうした波長変換は、通常のレーザーでは簡単にはできない技術で、特殊な構造のこのファイバが発明されて初めてできた現象です。高強度の超短光パルスを物質に集光すると、原子がイオン化し、プラズマが形成されます。そしてそれがフィラメント化することにより様々なレーザー加工が行えます。超短光パルスレ

ザーを用いたレーザー加工は、熱による影響が少ないため、通常のレーザー加工に比べて精密な加工が可能という特徴があります。今、主に取り組んでいるのは超短レーザーを用いたレーザー加工などの超高速現象を三次元画像としてとらえるためのホログラフ^{※1}の応用実験です。特に画像をデジタル的に記録するデジタルホログラフを用いて、非常に短い時間間隔における複数の三次元画像を記録する新たな手法の開発などに取り組んでいます。このような人間の目ではとらえられない超高速現象の可視化ができればいいと思っています。

光が見える実験は面白い “史上最短”の光を自在に 扱うことも可能

人類が現時点で手にしている最も短時間の現象を扱うための技術は、超短光パルスレーザーしかありません。超短光パルスレ

ザーを用いたレーザー加工は、熱による影響が少ないため、通常のレーザー加工に比べて精密な加工が可能という特徴があります。今、主に取り組んでいるのは超短レーザーを用いたレーザー加工などの超高速現象を三次元画像としてとらえるためのホログラフ^{※1}の応用実験です。特に画像をデジタル的に記録するデジタルホログラフを用いて、非常に短い時間間隔における複数の三次元画像を記録する新たな手法の開発などに取り組んでいます。このような人間の目ではとらえられない超高速現象の可視化ができればいいと思っています。

と、普通では起きないような非線形^{※2}光学現象が起こりますから、新しいことが見つけれられるのではないかと研究を続けているところ。先端分野として世界中で取り組んでいるため、競争が激しく新しいものがどんどん出てきていますが、それだけ我々のチャンスも大きいといえます。ほかにも、私の研究室では光をいろんな角度から研究しています。ある学生は波形整形という技術の研究を担当しています。1個のパルスを10個にしたり、パルス列をつくるなど、いろいろな操作がコンピュータ制御で自在にでき、パルス列にして物質に当てると、非常に強い信号が出たりします。多くの可能性を秘めた光を好奇心に沿って純粋に研究していくのはとても楽しいものです。しかもそれが可視光なので、自分なりに実験したことがどう変化していくか、その場で見ることで分かるため分かりやすいですし、面白さを感じます。だからこそ私も長年夢中になっていられるのだと思っています。

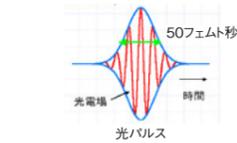
SEEDS

研究テーマ 超短光パルス応用・非線形ファイバ光学・ フォトニック結晶ファイバ

指向性の強い光を発生する装置としてレーザーがありますが、発生する光の制御を行うことによって時間的に非常に短い時間だけ存在する光のかたまり(これを光パルスと呼びます)を作ることができます。これはカメラのフラッシュライトのようなものですが、現在のレーザー技術ではその時間幅が千兆分の1秒程度(1千兆分の1秒のことを1フェムト秒と呼びます)の光パルスが発生可能です。これは人類が現時点で手にしている、最も短時間の現象を扱うための道具とも言えます。このような超短光パルスを用いると通常の光では起こらない様々な現象を起こすことができます。この良い例が、フォトニック結晶ファイバという空孔のあるファイバを用いた超連続光の発生です。我々の研究室ではそのような現象の解明と応用について研究をしています。

光のかたまり(光パルス)

- レーザーを用いて工夫すると光を非常に短い時間だけ存在するかたまり(パルス)にできます。



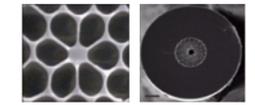
- 実験室のレーザー(チタンサファイアレーザー)からは幅が50フェムト秒(5×10⁻¹⁴秒)の光が発生します。



- これは現時点で人類が手にしている、最短の時間を制御できる技術です。

超連続光の発生

- フォトニック結晶ファイバとは光を導くための光ファイバの一種ですが、通常の光ファイバとは異なり、断面に多くの微小な空孔が形成されています。



フォトニック結晶ファイバの断面

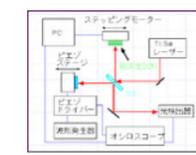
- この光ファイバに超短光パルスを導くと光の強度が非常に高くなるため超連続光と呼ばれる光が発生し、多くの応用に用いることができます。



超連続光の色の分布

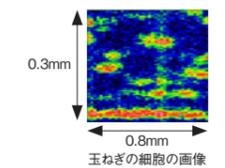
断面画像計測への応用

- 超短光パルスと、それを生体などの試料に照射し反射した光を干渉させると試料の微細な断面構造を破壊することなく得ることができます。これを光コヒーレントトモグラフィと呼びます。



実験装置

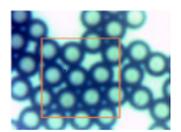
- 分解能はパルスが短いほど良くなります。これは時間的にパルスが短いとそれは空間的には狭い位置にあることになるからです。



玉ねぎの細胞の画像

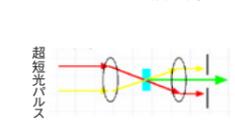
顕微鏡への応用

- 色の異なる超短光パルスを物質に集光すると物質の分子構造によって異なる光が発生します。これを顕微鏡に適用すると試料の分子組成や微細構造がわかります。



6μm直径ポリスチレンの顕微鏡画像

- この一例が物質中の分子振動をとらえるコヒーレント反ストークスラマン法です。



超短光パルスによる発光から得られた構造(赤枠に対応)

企業等への提案

超短光パルスレーザー等を用いたレーザー加工、超高速現象計測、分光計測に関する光学系の検討や超広帯域光発生のための光ファイバの設計、また保有するレーザー装置の試験的使用等が考えられます。

地域に向けてできること

地域企業またはその関連企業に対する上記の提案が考えられます。また一般的な研究紹介等も考えられます。

※1「ホログラフ」 光の回折・干渉を利用して、レーザーで立体画像を記録・再生する方法。3次元画像の可能性を秘めています。
 ※2「非線形」 入力に対する応答(出力)が、入力強度に比例する現象を「線形」、しない現象を「非線形」と呼びます。

「光子」を利用した量子科学技術で 超スマート社会の実現へ。

006 Takashima
LABORATORY

高島研究室

准教授・博士(情報科学) 高島 秀聡

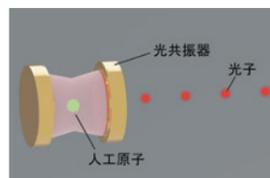
- 専門分野 量子光学、ナノフォトニクス
- 千歳科学技術大学光科学部物質光科学科卒業
- 北海道大学大学院情報科学研究科情報エレクトロニクス専攻博士後期課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

光子を利用することによって、従来のコンピュータよりも圧倒的に高速な量子コンピュータなど、量子科学技術の実現を目指して研究に取り組んでいます。

光共振器を用いた光子発生のための技術などを研究中。



光子を発生させるため必要な デバイスを設計・開発

普段私たちが目にする光は、波でもあり粒子でもある光子という光の粒がたくさん集まったものです。私は、この光子を利用することで、従来のコンピュータよりも圧倒的に高速な量子コンピュータや、量子コンピュータを組み込んだネットワークからなる量子インターネットなどの量子科学技術の実現に向け研究を行っています。

私がそもそも光子に興味を持ったのは、本学3年次に受講した光の量子性に関する学問「量子光学」で、ある種の物質を使うと量子力学的に相関を持つ光子の対(量子つれ光子対)を発生させることができるという理論提案がきっかけです。本学卒業後も、光子の発生やその制御に関する研究を行う機会に恵まれ、現在は光子を用いた量子科学技術を実現することを目的に研究に取り組んでいます。

現在のインターネットでも光が使われているように、量子インターネットにおいても光子は不可欠です。また、光子を用いると、現在はほとんど絶対零度の環境でしか動作しない量子コンピュータを室温で動作させることが可能

になります。このようなことから、光量子科学技術は、社会にイノベーションをもたらすとともに、環境にやさしい超スマート社会の実現につながっていくと考えられています。

私は現在、光量子科学技術の実現に不可欠な光子を発生させるためのジェネレーターの開発に取り組んでいます。具体的には、ある種の固体結晶や分子の合成、コンピュータシミュレーションを用いた10億分の1メートルオーダーの非常に小さな光デバイスの設計、ならびに微細加工技術を用いたそのデバイス開発などを行っています。

一般的に大学では、未知の研究領域を開拓し、将来のイノベーションにつながる新しい科学技術の芽を生み出す研究を行っています。そのため研究成果がすぐに出ず、苦しいことも多いです。しかし、未知の研究成果が得られた時の喜びは格別で、そこが研究の魅力・面白さだと考えています。

最先端の研究に取り組み 成果を分かりやすく伝える力を

本研究室に所属する学生とは、光子をテーマにした中でどのような卒業研究に取り組むか、相談しながら決めていきます。最先端の分野に触れ、興味を持って研究に打ち込むことで、自分で考える力を身につけてほしいと思っています。

大学では卒業研究を行うだけでなく、その成果を学会や学術誌で発表していくことが重要です。また、研究成果を一般の市民の方に伝えるアウトリーチ活動も求められています。これらのことから私は、学生が卒業までに学会発表や論文執筆を通して、さらには市民の方に向けても、研究成果を分かりやすく伝える力が身につく研究室づくりを目指しています。

研究には、教員と学生が対等な立場で議論を重ねながら取り組んでいきます。学会や学術誌などでの研究成果の発表のほか、外国人留学生や海外の研究者と交流する機会もあります。ですから学生には、自分で考えながら積極的に専門知識を学ぶことに加え、語学力を磨いて国際的に活躍できるようになってくれることも期待しています。

SEEDS

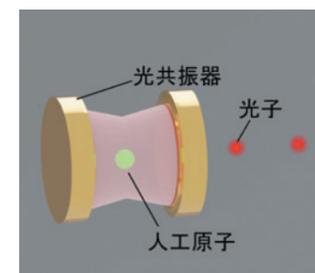
研究テーマ 光子を利用した量子技術

夜空の星や都市のイルミネーションなど、私たちの周りは美しい光で照らされています。しかし、その背後には、波と粒子の両方の性質をあわせ持つ「光子」という微小の粒子が存在します。私たちの研究室では、この特異な性質をあわせもつ「光子」を鍵として、未来のテクノロジーである、量子コンピュータや極めて安全な量子ネットワークの開発に取り組んでいます。具体的には、光子を効率よく発生させる新しい材料研究や、光子の状態を制御するためのナノメートル(10億分の1メートル)スケールの光デバイスの設計や開発に取り組んでいます。

現在、量子技術に対する関心は世界的に増加しています。同時に、半導体技術の進展にも目が向けられており、市内の大規模な半導体工場設立はその一例です。これら二つの技術の融合は、未来のテクノロジーである量子コンピュータや量子ネットワークの実現の引き金となる可能性があります。そのため、私たちは産学連携も深め、これらの未来テクノロジーを共に築きたいと考えています。

高島研究室が取り組む研究テーマ例

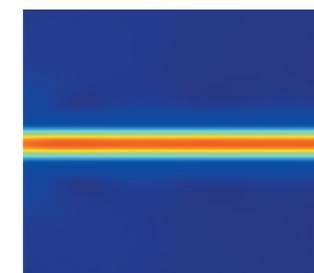
ナノ光デバイス開発



発光材料開発



電磁場解析



光子を用いた量子デバイスの開発

企業等への提案

私たちは、顕微鏡技術を用いて、ナノレベルの構造評価やイメージングが可能です。また、欠陥評価など、半導体材料の評価にも取り組んだ実績があります。さらに、電磁場解析を駆使した光デバイス設計も可能です。

地域に向けてできること

高大連携

- ・地域の高校生を大学に招待し、光子や量子技術の基礎についてのワークショップや実験が可能です。
- ・地域の高校生や教員と連携し、共同プロジェクトを通じて新しい視点やアイデアを取り入れた体験学習の機会を提供します。

産学連携

- ・地域企業との共同プロジェクトにより生まれた特許や発明をもとに、商品化や実用化のサポートを行います。
- ・大学の教員を企業に派遣し、技術支援やアドバイスをを行うことが可能です。これらの連携を通じて、地域の教育水準の向上や、経済発展に貢献することを目指しています。

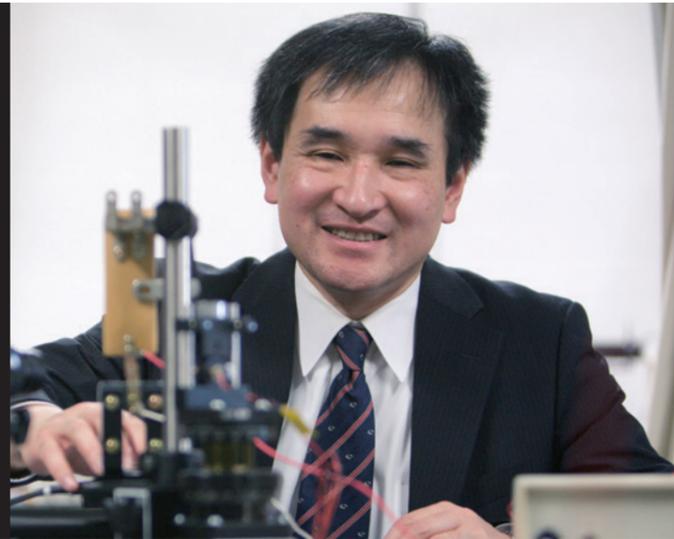
単純に見える「スイッチ」も実は奥深い。 だからこそ本当にいいものを。

007 Hasegawa LABORATORY

長谷川研究室

教授・工学博士 長谷川 誠

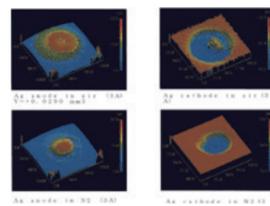
- 専門分野 光応用計測、機構デバイス工学、理科実験教材の開発と効果的な実践手法の検討
- 慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業
- 慶應義塾大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

- ①メカニカルスイッチングデバイスの動作時に発生するアーク放電の挙動の解明と動作信頼性の向上に関する研究
- ②理科・工学教育のための実験教材の開発・製作と実践

レーザー顕微鏡でとらえたアーク放電によるAg電極の損傷形状。こうしたことから、スイッチの接触現象を解明していきます。



基幹技術として重要な スイッチング部品の研究を 突き詰めましょう

車や家電製品など身の回りのあらゆるものに大量に使われ、基幹技術として重要な電気的・機械的「スイッチ」の性能や信頼性向上を目指して研究しています。

まず、そのスイッチの動作時に何が起きているかを観察し、理解することが必要です。スイッチが動作することで放電が生じますが、それによって電極がどのような損傷を受けているかなどを顕微鏡などで観察します。ただし、市販の機器では意図したデータが得られないことも多く、そうであれば自分たちの用途に合わせた計測システムを構築します。例えば、レーザー光を利用した三次元形状の計測システムの開発も、研究テーマの一つになっています。自分たちが欲しいデータを取るためのものがなければ、どんな計測システムを組みたいかを自分たちで考え、必要な回路、制御のプロ

グラムづくりや部品選びから始めて、自分たちに必要なシステムを構築していきます。

子ども向けの理科実験教材の開発もテーマにしていますが、その場合も、どういうものかいい自分たちで考え、実際に作り、使ってみます。私自身、子どもにできるだけ理科に興味を持ってもらいたいと願っており、本学の「理工工房」^{※1}の顧問も担当しています。

世界・日本の誰も気づいていない 研究、実験、装置づくり

光ファイバによるセンシング(計測・評価)にも取り組んでいます。例えばファイバに力を加えたり動かしたりするとスペckルパターン^{※2}が変化する現象がセンシングに利用できないかチャレンジしています。現象が複雑で、一筋縄にはいきませんが、私も学生も、面白いと感じてやってみればそれでいいと考えています。もちろん成果を出せればそれに越したことはないですが、興味を持って研究にあたっていれば、

何か見つかる部分が出てくるはず。研究者は、いつだって好奇心を持ち続けることが重要で、自分で考えながら動いていると、見逃しそうなヒントに気づくことができます。学生のみさんにはどんどん自主的、主体的に動いてほしいですね。私の理想は、学生を育てるというより、自分で育ったというふうに思ってくれることです。人がやらないようなことでも自分が面白そうと思ったら積極的にチャレンジし、突き詰めていく姿勢を持ってもらえるといいと思います。

この研究室では、本当に小さな分野かもしれませんが、世界・日本で他に誰もやっていないような研究、実験、装置づくりにチャレンジしています。アメリカ、中国、ヨーロッパなど、海外の方々とやりとりすることも多く、意見交換する機会も頻繁にあります。学会活動にはできるだけ学生を参加させます。そこで受ける刺激は必ず将来にも役立つはず。

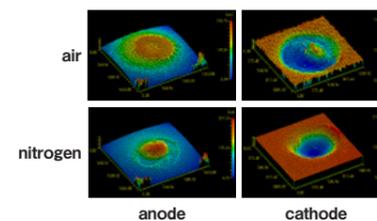
SEEDS

研究テーマ 有接点スイッチの高信頼性化、スペckルパターンのセンシング応用、工学・科学教育教材の開発など

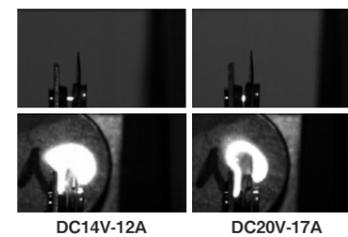
現代の科学技術社会を根底から支える3つのキーワード「光」「エレクトロニクス」「好奇心」に関する研究を進めています。

- 1 光応用センシング**
光ファイバ射出レーザー光のスクリーン投影時に発生するスペckルパターン(粒状パターン)の変動を利用したセンシング技術の開発を進めています。
- 2 有接点スイッチの高信頼性化**
電気エネルギーを制御する有接点スイッチは半導体スイッチと並ぶ基幹技術です。その高信頼性化の実現のため、接触現象の解明を進めています。
- 3 理科・物理実験教材の開発と工学・物理教育の実践**
科学・技術に対する好奇心を喚起して未来の科学者・技術者を育てるための工学・物理教育の実践とそのための実験教材の開発を進めています。

有接点スイッチの長寿命化および高信頼性化に向けた接触現象の解明

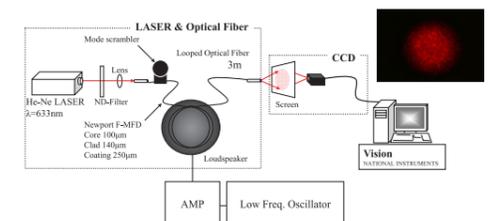


アーク放電によるAg電極の損傷形状
～レーザー顕微鏡による三次元イメージ～
(損傷の可視化を通して、接触現象の新しい考察を可能にしました)



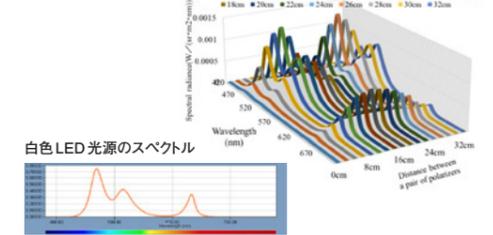
外部磁界印加の有無によるAgSnO₂接点の開離アーク放電の違い
外部磁界無(上段)では放電は電極間に位置しますが、外部磁界有(下段)では、ローレンツ力により放電が引き延ばされます=磁気吹消し

光ファイバ射出レーザー光によるスペckルパターンのセンシングへの応用 ～振動および荷重検出の試み～



高濃度の砂糖水溶液の旋光による透過光の 着色現象の理論的解明と物理教育への応用の試み

濃度73%の砂糖水溶液を透過する白色光スペckルの透過距離に対する変化



白色LED光源のスペckル

企業等への提案

単に目先の問題が解消できれば良いという安易な姿勢ではなく、発生している事象の背後に存在している真の原因・発現メカニズムを追究・解明しようとする姿勢を重視しながら、研究活動を遂行しています。

地域に向けてできること

科学技術リテラシーの向上に向けた講演、科学教室の実施。

※1「理工工房」 子どもたちの科学啓蒙活動を行う本学の学生プロジェクトチーム。小中学校での理科実験授業をはじめ、各地のイベントで科学教室などを行っています。
※2「スペckルパターン」 光ファイバを伝搬してきたレーザー光をスクリーン上に投影したときに観察される粒状のパターンのこと。

医療・農業分野への応用を目指し 生体計測用半導体デバイスを開発。

008 Haruta
LABORATORY

春田研究室

准教授・博士(工学) 春田 牧人

- 専門分野 半導体工学、生体医学、神経科学
- 岡山大学工学部生物機能工学科卒業
- 奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科
博士後期課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

半導体デバイス分野を基盤とし、医学、薬学、農学といったバイオサイエンス分野との異分野融合研究を行います。異分野融合研究を積極的に行うことで、実用化を目指した生体計測用小型デバイスの開発を行います。

開発した植物モニタリングデバイス。



生物の機能を観察・解明する デバイスを活用して課題解決

「生物がどのような機能を持ち、どのようにその機能を利用しているか。さらに、それらの機能を私たちの生活に応用できないか」。そこに、私は興味を持っています。そうした機能を観察・解明するには、生物にストレスを与えないような小型・軽量の計測デバイスが必要と考え、医療・農業分野への応用を目指した生体計測用半導体デバイスの開発を研究テーマとしています。

医療・農業分野はともに「IoT化」が目まぐるしく進んでいます。医療分野ではパーソナルヘルスケアが可能なバイタルセンシング技術、農業分野では育成植物のリアルタイムデータ収集技術が求められていますが、両分野に共通するIoT化の課題が計測デバイスの小型化、マルチセンシング、無線・省電力化です。そこで私の研究では、生体計測用CMOSイメージセンサ開発を基盤に課題解決に取り組み、医学や農学など異分野融合研究の視点から実用化を意識したデバイスの開発を目指しています。

研究ではCMOS集積回路、MEMSなどの半導体技術を用いることで、超小型・軽量のデバイスを実現できるようになります。半導体技術はデバイス設計に高いカスタム性を持たせることもでき、測定対象に最適なデバイスの開発が可能です。さらに、開発したデバイスの性能を評価するため、培養細胞や組織などの生体サンプルを用いた実験を行います。将来的には、異分野の研究者との共同研究により、作成したデバイスを用いた生体機能研究を行っていきます。

これまでの研究例としては、医療分野では0.5gの超小型CMOSイメージングデバイスを開発し、マウスの脳血流と神経活動の同時計測を行いました。脳梗塞や偏頭痛などの発症メカニズムや行動別の脳の動きの研究に役立つため、創薬やブレインマシンインターフェイスなどの技術に応用できると考えています。農業分野では、植物モニタリングデバイスを開発して植物の生育情報を収集、解析することで農業技術の発展につなげています。今後は、北海道の地域特性に応じた課題の解決にもどんどん挑戦していく考えです。

「異分野融合」をキーポイントに 新たな研究分野の創出へ

私たちの研究室では、一つの研究分野にとらわれず、さまざまな分野を積極的に取り入れることで新たな研究分野を創出していきます。生体計測のためのCMOS集積回路設計およびデバイス実装技術の開発を中心に、次世代融合研究の担い手となる若手研究者の育成を目指します。新たな異分野融合研究者の育成拠点となるような研究室づくりを目標としています。

現在、複数の分野が連携して研究することが注目されていますが、異分野融合は本研究室のキーポイント。幅広い分野と連携を図って、さまざまな課題の解決に取り組んでいくフランクな研究室にしていく考えです。その中で学生の皆さんには、各分野間の橋渡しができる研究者・技術者に育ってもらいたいことを期待しています。例えば生物、半導体、ものづくりなど、自分の興味や好きなことを入り口に多様な分野に触れながら、研究が楽しいと思えるようになってほしいと思っています。

SEEDS

研究テーマ CMOS集積回路や半導体微細加工など半導体技術を利用した超小型生体計測用デバイスの開発

春田研究室では、医学、薬学、農学などの分野に応用できる超小型生体計測用デバイスの開発を研究テーマとし、センサの設計から実装・評価、さらに実際の生体計測まで取り組みます。

これまでに、脳活動や動物行動、植物育成状態などに関する研究例がありますが、新たなテーマとして現在進めているのは、一般的な生体用センサより薄くフレキシブルなデバイスの開発です。植物などにセンサを貼り付けようとする時、薄ければ薄いほどシールのようにぴたっと貼ることができるため、薄膜の基盤を自分たちで製作し、それにセンサを載せたデバイスを作ろうと考えています。

フレキシブルな基盤にリジットな半導体をプラスするこの技術は、量産や耐久性などの面でメリットがあります。既に薄膜の製作は可能になっていますので、薄膜に載せやすいようなセンサの設計に取り組んでいきます。この研究開発を、例えば生体の脳機能イメージングや植物のイメージング、さらに人のウェアラブルセンサへと進めていく考えです。ウェアラブルであれば、シールのように皮膚に貼り付けて、例えばスポーツ中などにもセンシングができます。まずはデバイスを作る基礎技術を確認し、脳科学をはじめ応用先を検討しながら広がっていきたくと思っています。

本研究室が開発したデバイスを活用することにより、企業や農業分野をはじめ、北海道の地域特性に対応した課題などの解決に向けて可能性を探っていきたくと思っています。

春田研究室が取り組む実験・研究の流れと概要



企業等への提案

半導体分野とバイオサイエンス分野の異分野融合研究を進め、両分野で活躍できる人材を育成します。そして、異分野融合研究の架け橋として新たな技術・研究シーズを提案したいと考えています。

地域に向けてできること

オープンキャンパスや出張講座などの機会を通して、地域のニーズに合った半導体研究や異分野融合研究の最新動向を共有し、研究の魅力を地域の方々にお伝えしていきたいです。また、千歳市で半導体製造工場の建設が進む中、半導体の基本を理解した人材の育成に力を入れ、教育の面から貢献できればと考えています。

部品の組み合わせは無限大。 電子回路は自分のアイデアを形にできる。

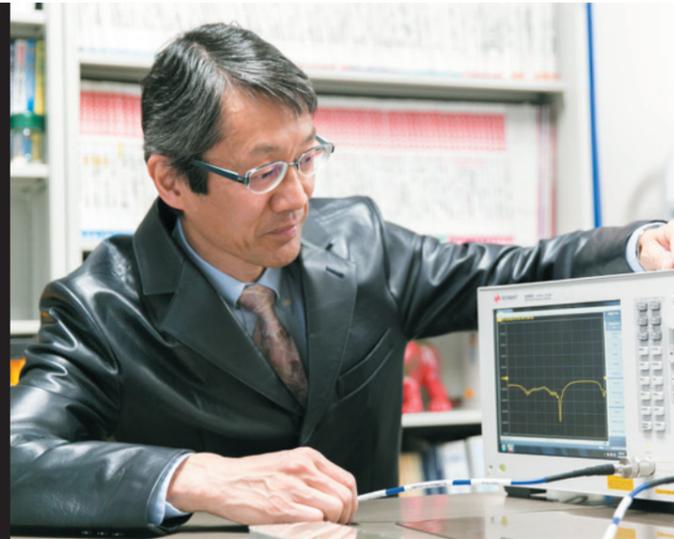
009

Fukuda
LABORATORY

福田(誠)研究室

教授・博士(理学) 福田 誠

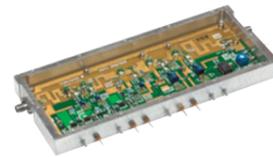
- 専門分野 アナログ電子回路
高周波エレクトロニクス
- 慶應義塾大学理工学部物理学科卒業
- 東海大学大学院理学研究科学位(博士)取得



A PPEAL POINT アピールポイント

高周波増幅回路を中心とする高周波アナログ回路に取り組んでいます。デジタル時代を下支えするためにも、高周波アナログ技術に基づいた回路設計やプリント基板設計が重要になっていくと考えています。

100kHz~3.6GHzの高周波信号を40dB(1万倍)増幅する回路。整然と配置された部品が最高のパフォーマンスを発揮する。



学生時代から失敗と成功を経験して 電子回路の面白さを実感

スマートフォンやタブレットなどの携帯端末によって、さまざまなアプリを快適に実行できるようになりました。端末内には、小型で高性能のコンピュータシステムが搭載されており、高速に電気信号をやりとりして情報処理を実行しています。現在では、このような小型の端末によって20年前には実行不可能だった処理が可能になりました。これは、半導体技術や電子回路技術およびソフトウェア技術の進歩によるものです。

私は、大学生の時に電子回路に興味を持ち、さまざまな電子回路を作ってはその動作を調べたり、Z80というCPU^{※1}を使ってマイコンボードを製作したりしました。ボードだけ作ってもコンピュータは動作しないので、Z80を動作させるためのプログラミングも身につけました。当時は回路作りに夢中だったので、眠る時間があったりなく感じたものです。4年生になると、大学の研究室と秋葉原の部品店と家を行き来し、回路漬けの毎日を送って電子回路の

ノウハウを身につけていきました。

大学院修了後に計測器メーカーに就職し、回路開発の仕事に従事することになりました。新人の時に16ビットのDA変換器^{※2}の設計に携わり、仕事をしながらアナログ回路に関する多くの知識を得ることができました。次の仕事はGHz(ギガヘルツ)帯の高周波信号を増幅する回路の設計を任せられました。最初の試作では、信号を増幅するどころか3.7GHzで発振してしまいました。この失敗を無駄にせず、次は綿密な設計を行って十分な性能を持った回路を実現できました。ほかにもマイコンボードの設計の仕事を任せられましたが、これは学生時代に経験済みだったので、的確にこなすことができました。以上のように、失敗や成功の経験を積み重ねて、ますます電子回路の面白さを実感するようになりました。

設計した電子回路が思うように 動作する。その感激が面白さに

私は、これまでの経験を生かして、講義、実験、卒業研究などを通して学生諸君に電

子回路の面白さを伝えたいと思っています。数学や理科と違って高校では電子回路の授業がないので、電子回路はハードルが高いと感じる学生が多いようです。市販されている電子回路の教科書を見ると、確かに初心者には難しそうな雰囲気は漂っていますね。しかし、私が回路を設計する時に使う法則はたった2つ。オームの法則とキルヒホッフの法則です。使う計算も四則演算だけです。大まかな回路図ができれば、コンピュータの回路シミュレータに回路図を入力し、精密な計算はシミュレータに任せます。つまり、2つの法則を使いこなすことができれば、電子回路の設計は誰にでもできるのです。ちょっとしたコツを身につければ、さまざまな回路を自分の手で設計して製作できるようになります。

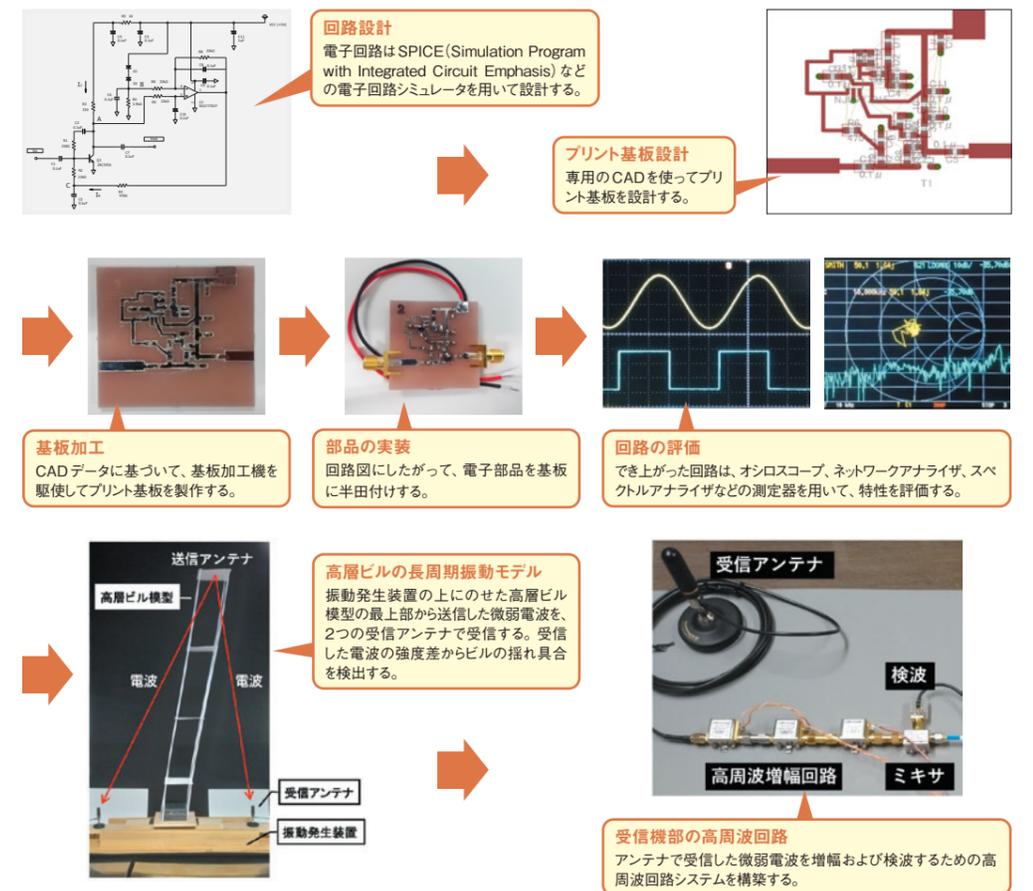
ものづくりの喜びは、製作したものが自分の意図したとおりに動作することだと思います。私もそうでしたが、そういう感激があれば、自分でどんどん勉強したくなるものです。そうした体験がたくさんできるように、福田研究室では楽しく取り組める研究テーマを用意しています。

※1「CPU」 コンピュータの中心となる部品。 ※2「DA変換器」 デジタル信号をアナログ信号に変換する回路。

SEEDS

研究テーマ 高周波回路の開発、低雑音増幅回路の開発、電波による計測システムの開発

パソコンやスマホなど我々の日常生活にはたくさんの電子機器が存在します。電子機器は、さまざまな電子回路によって構成されており、電子回路には半導体デバイス、抵抗、コンデンサなど数多くの電子部品が搭載されています。電子部品の組み合わせは∞(無限)なので、電子回路は∞の可能性をもっていると言えます。福田研究室では、GHz帯(1GHzは1秒間に10億回の振動)の高周波信号を扱う回路や電波による計測システムなどの開発に取り組んでいます。GHz帯の信号はスマホやWi-Fiの電波としてその役割は重要です。ユニークな電子回路を実現すべくアイデアを出し合って研究を行っています。



企業等への提案

高周波回路技術に基づいた基板設計や回路の性能評価法の開発などで連携できればと思います。

地域に向けてできること

電子回路に関する教育や電子回路の性能評価などのお手伝いができればと思います。

エッジコンピューティングの活用で PCやスマホをより快適に使いやすく。

010 Yamada
LABORATORY

山田研究室

教授・博士(工学) 山田 崇史

- 専門分野 情報通信、エレクトロニクス
- 北海道大学工学部電気工学科卒業
- 北海道大学大学院工学研究科電子情報工学専攻博士課程修了



APPEAL POINT アピールポイント

通信ネットワークを活用することで、ユーザがより豊かな体験を今よりも低エネルギーで実現することを目指します。その第一歩として、産業用ロボットの遠隔制御の検討を行っています。



CPUなどをネットワーク上に 配置して安価で軽量な端末を

6Gやオール光ネットワークなどによって、通信ネットワークは大容量化だけでなく、通信先に届くまでの時間を減らす低遅延化も実現します。こうした技術の進展を背景に、従来のクラウド上では体感速度が遅すぎて実現できないサービスをネットワーク上に配置することが期待されています。そこで私が研究しているのが、CPUやGPU、FPGAなどのコンピューティングリソースを、端末から通信ネットワークの先に出して処理させる「エッジコンピューティング」です。これにより、PCやスマホなどの中で計算処理が重くバッテリーを大量に消費するCPUなどの部品を通信ネットワーク側に置けるため、安価で軽量、バッテリーの持ちが良い端末を作ることが可能になります。ちなみに私の理想は、テレビアニメ「脳筋コイル」(2007年)に登場する脳筋メガネというデバイス。この当時の未来のARやVRの世界が日常にうまく表現されているので、ぜひ一度見てほしいです。

研究室での取り組みは、大本の仕組み(プ

ラットフォーム)を作るところから始めます。プラットフォームの機能を情報収集、分析、制御の3つに分け、まずは情報収集機能の方式を考え実装します。GPUやFPGAなどのハードウェアの処理時間は比較的わかりやすいのですが、CPUなどによるソフトウェア処理では他のタスクからの割り込み処理やメモリひっ迫などさまざまな要因で性能が変動するため、これらを合わせた処理時間の算出・推定方法が重要になります。次の分析機能については、全体の電力を最小にするのか、通信の偏りをできるだけなくすのかなど、さまざまなアプローチがあります。そのため、シミュレーションでの分析やプラットフォーム完成後に実機での動作検証を考えています。最後の制御機能については、OSSをチューニングしたり改造したりすることで、期待する性能が出せないか検討していきます。

このように、やらなければならない要素はたくさんあるので、学生の興味や適性に応じているところでチャレンジが可能です。ソフトウェアとハードウェアの両方を扱えることも、面白さの一つです。

各自がスキル・知識を発揮する 課題解決型の研究室に

1つの研究テーマに固執せず、課題に対して自身のスキル・知識をどう生かして解決できるか、という課題解決型の研究室を目指しています。どんな課題を解決したいと思うのかは、学生一人ひとりの個性ですから、まずはそこを大事にして、あまり難しく考えず課題を見つけてほしいと思います。例えばアニメでも工作でもいいですし、自分の好きなことをどう伸ばしていくかという視点で考えていくのも、課題を見つけることにつながるはず。

研究の進め方というのは、基本的には仕事の進め方と一緒にしたいと思います。全体としての大きなミッションがあって、その中で自分なりの課題を見つけて提案し、周りの共感を得て実証する。研究を通して、そうした社会人になるために必要なスキルを学ぶとともに、プラスアルファとして研究に関する知識を深めてほしいと思っています。

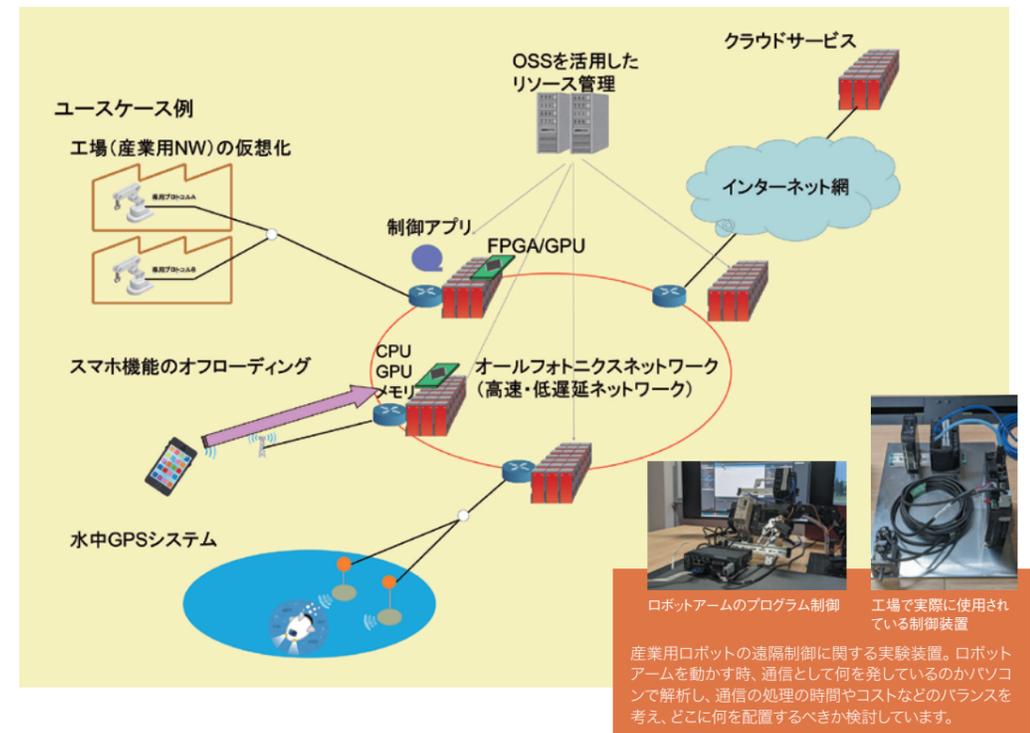
SEEDS

研究テーマ コンピューティングリソースの分散配置による 性能と電力の最適設計

可能な限り光のまま(光・電気変換を行わない)通信を行うことで、高速だけでなく、遅延の少ないオールフォトニクスネットワークの実現に向けた研究が盛んに行われています。遠くのデータセンタで処理をしていたクラウドサービスから、オールフォトニクスネットワークによる低遅延と、ユーザに近い場所にデータセンタを配置するエッジコンピューティングを組み合わせることで、これまで時間制約上不可能であったサービスが実現可能になります。

山田研究室では、通信方式、アプリケーション、FPGA(書き換え可能なLSI)、それらを制御するコンピュータリソース管理などを対象に、オープンソースソフトウェア(OSS)を積極的に活用し、さまざまなサービス(ユースケース)をエッジコンピューティング上で実現することを目指しています。

その中で取り組んでいる研究の一つが、産業用ロボットの遠隔制御の検討です。ロボットアームなどの制御に使用されている産業用プロトコルには複数の種類があり、プロトコルが合致していないため同時に使えないなどの課題があります。そこで、汎用性のあるものにはできないかと考え、プロトコルのソフトウェア化、同時制御を目指して研究を進めています。



企業等への提案

エッジコンピューティングの利点を生かすことができるユースケースを探しています。企業や地域などの皆様の現場におけるリアルな課題に、エッジコンピューティングが貢献できるか、まずはご相談から始めて、一緒に考えさせていただければ幸いです。

地域に向けてできること

エッジコンピューティングの特徴である数10kmというカバーエリアを生かし、センサデータや画像などを高速に処理することで局所的に素早く、害獣対策や災害、除雪などへの対応の検討などに貢献できるのではないかと考えています。

レーザーを利用した技術をもとに 北海道の地域医療の発展に取り組もう。

011

Yokoi
LABORATORY

横井研究室

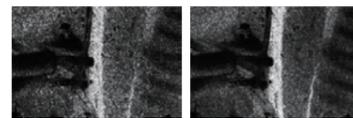
准教授・博士(工学) 横井 直倫



- 専門分野 計測工学、光計測
- 室蘭工業大学工学部機械システム工学科卒業
- 室蘭工業大学大学院工学研究科博士後期課程修了

A PPEAL POINT アピールポイント

「光計測技術に基づくヘルスマonitoringシステムの開発」「感染症防止を目指すバイオフィルムのイメージング」「新素材開発等への応用を目指す光学的な微粒子制御」の3点に関する研究を主に行っています。



(a) RSD (b) RSTD
血流が最大となる瞬間の頸動脈部について、
(a)従来の画像 (b)研究成果に基づき画質を改善

光計測技術と画像処理技術の 併用で医療分野に貢献

これまで手がけてきたレーザーを利用した光計測技術と画像処理技術を併用することにより、医療分野に貢献できる二つのテーマを根幹として研究を進めていきます。

一つは、遠隔地域医療への応用を目指したヘルスマonitoringシステムの構築です。そのための研究として例えば、レーザー光散乱現象を利用した血流と血液濃度変化の同時イメージングにおける画像処理法の改善があります。この手法によって計測できる血流の速さと血液中の酸素量は、人間の健康状態をかなり反映しているもので、診療や健康づくりに生かすことができます。レーザーを利用して遠隔であっても計測できるようなシステムを整え、検出される画像の質をより良好にすることで、遠隔地での地域医療の発展に寄与できると考えています。

もう一つは、院内感染の防止を目指した各種医療機器の衛生管理システムの構築です。例えば体内に挿入する管などの中にバクテリアが入ると、管の内側にくっついてしまい、や

がては層のようになってはがれなくなります。こうしたバイオフィルムといわれるものは、感染症の原因となります。そこで、なるべく早く汚れを検出するためにレーザーを利用すると、人間の目では見えない段階でもパターンを検出することができます。機器を使って自動的に画像を検出し、さらに超音波などで洗浄するところまでできるシステムがあれば、院内感染防止などにつながられる上に、感染防止に関わる医療者の負担を軽減することもできると考え、研究に取り組んでいます。

そもそもこの研究の目的は、過疎地域や離島が多い北海道の地域医療の発展に貢献することにあります。特に最近では、通信技術などの向上で、患者さんが医療機関に向かなくとも自宅で診断を受けられる環境は整ってきました。研究成果が地域医療に寄与し、さらには道民の健康年齢の増進につながっていくことに期待を寄せています。

直に見ることはできないものも 見られる「光」の魅力

光テクノロジーは本学科の専門分野の一つ

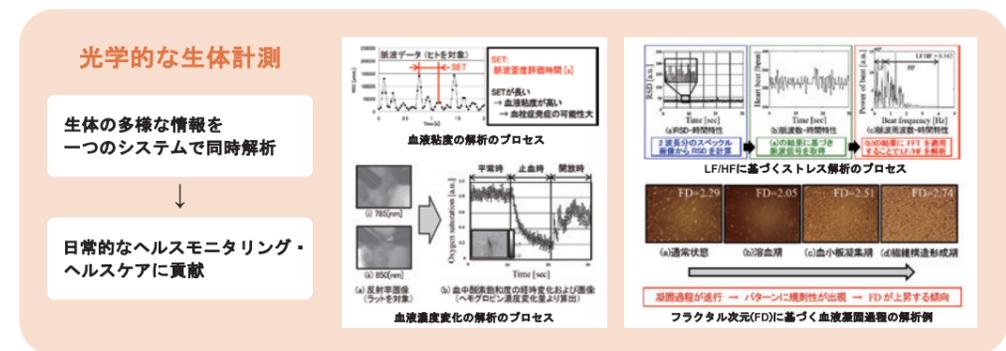
ですが、さらに踏み込んで、「光」を医療に結びつけていくことに興味がある学生と一緒に研究室をつくっていければと思っています。例えば、生体や医療器具からのレーザー反射光によって形成される干渉画像から、私たちが直に見ることはできない生体内の血流情報や医療器具表面の衛生状態を画像で再現できます。自分の目では見られないものを見られることが光を利用するポイントであり、そこに魅力と可能性があります。また、光を使えば手を触れずに計測ができます。対象に触れることは何かしらの影響を与えてしまうため、非接触で計測できるメリットは大きいといえます。

今後は、学生とともに基礎実験を積んだ上で、可能であれば医療機関や医療機器の企業などと接点をつくり、共同研究を進めていくことも考えています。研究を通して学生に身につけてほしいのは、問題解決能力。問題に突き当たった時、自分が持っている知識をいかに解決に結びつけていくか。そして、試行錯誤の結果、解決できたという達成感を味わってほしいと思っています。

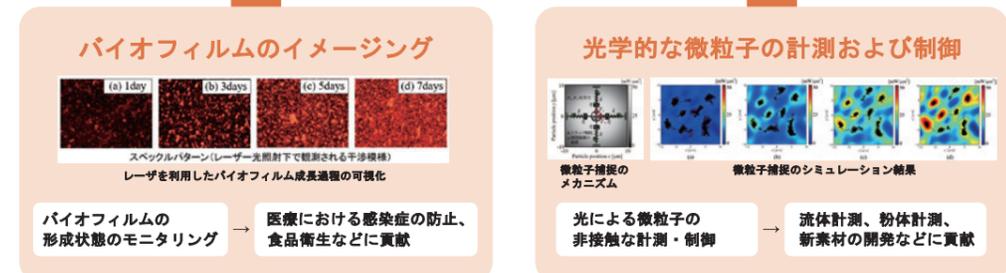
SEEDS

研究テーマ 生活の質 [Quality Of Life:QOL] を高める 光計測・制御技術

レーザーを利用した光計測技術、光制御技術、ならびに画像処理技術を併用することにより、私たちの生活の質の向上に貢献できると考えられるものをテーマに研究を手掛けています。レーザーを利用することで、例えば私たちが直接見ることができないものが見られたり、計測した結果をデータだけでなくも伝わりやすい画像として見られたり、さらには非接触での計測が可能のため対象に対して負担にならないなど、さまざまなメリットが生まれます。光テクノロジーは電子光工学の専門分野の一つですが、本研究室はそこからさらに一歩踏み込んで、「光」を私たちの生活の向上のための「手段」として活用していきたい。その願いのもとに、日々、学生とともに研究に取り組んでいます。



Life science → QOLの向上 多角的なアプローチ



企業等への提案

光テクノロジーに基づいて、私たちの生活の質の向上に貢献できるシステムの開発に何らかの形で協力ができればと考えています。計測してみたいものがある場合に、レーザーを利用できないかというご相談などにも対応いたします。

地域に向けてできること

レーザーと画像処理技術の併用による、医療や環境などの分野への応用を目指した各種計測技術に関するアドバイスができます。地域医療をはじめ暴風雪や凍結路面など、北海道ならではの課題に貢献していきたいとも考えています。

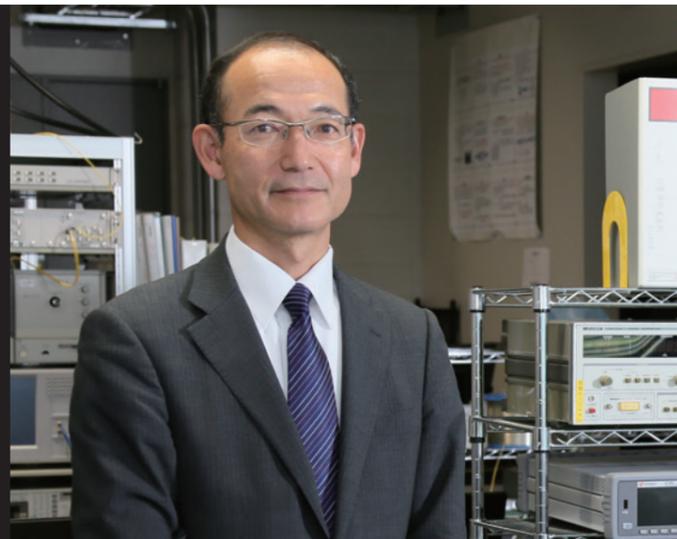
いつでもどこでも誰でも使える 北海道に根差したネットワークの実現を。

012 Yoshimoto
LABORATORY

吉本研究室

教授・博士(工学) 吉本 直人

- 専門分野 知識流通ネットワーク、光・無線通信方式、ブロードバンド・アクセスシステム、光機能デバイス
- 北海道大学工学部電子工学科卒業
- 北海道大学大学院工学研究科学位(博士)取得



A PPEAL POINT アピールポイント

「どのような環境下でも、快適に利用できる」ブロードバンドサービスの提供を目指しています。そのため、光と無線の情報ネットワーク技術のベストミックスに加え、電力ネットワークとの融合にも取り組んでいます。【応用研究】

現代～次々世代までそのデータ通信サービスの装置などを使って研究を進めています。



情報通信の技術、サービスを考えることで地域活性化へ

ヒトやモノを結び、私たちに一番身近なアクセスネットワークを研究しています。光、無線、そしてそれらを融合した新たなネットワークで、より快適につながることが最終的な目的です。例えば、広大な北海道では光ファイバを細かくあちこちに引けません。その課題克服には、光をより遠くまで飛ばす技術をつくるのが一つ。もう一つは、途中までを光にして、そこから先は安い無線にする。しかも使う人は光も無線も意識せず、都市部でも地域でも同じサービスを使えるようにしたいと考えています。

研究テーマとしては、地域に根差したサービスを実現するためのネットワーク構成について、コストも抑えられる既存のネットワーク技術などで検討しています。一例として、実家が農家の学生は農業に役立てたいと、ネットワーク技術でトラクターに位置情報を与え、位置を認識しながら自動運転で畑を耕す研究に取り組まれました。また、現在のブロードバンドサービス^{※1}は既に次世代の研究が進んでい

ますが、これについても地域に根差したやり方を検討しています。まとまった人数がいる都市部では、一つのサービスである程度対応できますが、地域では混在する広くて薄いニーズに対応しなければならないため、一つのネットワークシステムでいろいろサービスが提供できる技術を考えています。さらに今後は、経済化もテーマとしていく予定であり、仮想化^{※2}についても検討しています。

産業とネットワークは密接につながっています。今後、よりICTが活用される際に、地域が乗り遅れないようにしなければなりません。特に、北海道の産業の活性化には情報通信の技術が非常に大事になるので、広さや人口の少なさがハンディにならないネットワークについて、北海道にある大学として研究に取り組みたいと思っています。

ネットワークを使って 自由な発想で新しいことに挑戦

正解のないことに取り組むのが研究です。ここでは、通信を素材にしてフロンティアに

れてほしい。進化するネットワーク技術のフォローもしながら、これまで培われてきた技術で北海道ならではのどんなサービスがあればいいか考えてほしいと思っています。今はアプリやゲーム、SNS、さらに農業、工業、環境などすべてがネットワークを使う時代なので、ネットワークを使って自由な発想で新しいことをしてみたいという人に研究室へ来てほしいですね。

そして、自分で考える力を身につけてほしい。ネットワークの研究では一つが良くてもダメで、トータルが良くなければなりませんから、多角的な考え方が必要です。卒業研究としてサービスを考える場合も、ユーザーの満足度、具体化するためのネットワーク、さらにコストや利便性なども考えて議論しなければなりません。ネットワークの研究はリサーチではなく、社会や人間の営み、産業などをトータルに考えるエンジニアリング。いろいろな観点から総合的に考える姿勢は、将来必ず役立ちます。

※1「ブロードバンドサービス」 光ファイバなどを利用して、高速・大容量のデータ通信ができるサービス。
※2「仮想化」 大事な機能一つを集め、ネットワーク機器を安く提供するための技術。北海道のニーズに合うと考えられます。

SEEDS

研究テーマ IoT/AI時代における光ファイバネットワーク・地域課題を解決する光ファイバネットワークの活用

光ファイバは細い透明なガラス材料でできたケーブルです。この中に、驚くほどの情報を伝達することができます。この光ファイバでつくられた情報通信ネットワークは、家庭への光・Wi-Fiサービスの提供やスマホのアンテナ基地局を結ぶネットワークとして我々の社会を支えています。

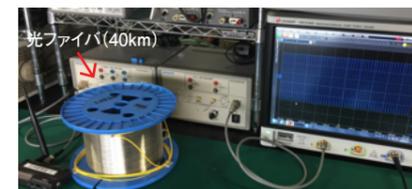
本研究室では、光ファイバと伝送機器を用いて実際に研究室内でモデルネットワークを構築することが可能です。学生たちはそれぞれが新しいサービスを提案して、実際の光ファイバに触れ合いながら実証実験に取り組んでいます。光ファイバを用いた情報通信ネットワークはこれからも進化を続けます。例えば、自動運転補助サービスのような交通管理ネットワークとの融合や、再生可能エネルギー流通サービスのようなエネルギー流通ネットワークとの融合などが挙げられます。このように、本研究を通じて、今後来るべきAI技術などをベースとした知識・情報流通ネットワークの社会基盤の構築に貢献することができます。あなたも、一緒にチャレンジしてみませんか！



光送受信装置



光送受信回路



光ファイバと光信号波形

企業等への提案

あらゆる拠点から様々な情報を収集して事業・業務改善に活用したいが、既存の情報通信ネットワークサービスでは、実現できないような環境(例えば、水中や広大な農地)に対して、ネットワーク構成を提案致します。

地域に向けてできること

北海道のような広大な土地と自然がある環境下で、映像・画像情報をどこでも取得できるネットワーク技術を提案することによって、観光農園や、養殖業・水中映像を活用した観光業の発展に寄与できると考えております。