

SEEDS

研究シーズ集

 公立千歳科学技術大学

CHITOSE INSTITUTE OF SCIENCE & TECHNOLOGY

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



公立千歳科学技術大学としての新たなスタートから、3年目になろうとしています。令和2年度に、副学長として本学に着任し、令和3年4月より、新しく理事長・学長として、大変重要な役割を担うこととなりました。

公立化してからの本学では、「研究力の充実」、「国際連携の強化」、「地域連携の活性化」を、より明確な形で学内外に発信しており、そのため学内組織の見直しのほか、優れた教員の新規採用や、国内外の学外教員との共同教育・研究を推進しています。

開学当初は、「光科学」をキーワードとして、関連分野の研究活動に重点を置いておりましたが、多様化する社会からのニーズに加え、グローバルな視点での研究活動を進めるため、理工学の広い分野、特に、光科学に加え、応用化学、生物学、材料工学、電子工学、システム工学、情報科学、サービス科学などの分野における、異分野融合研究を積極的に進めています。

教員及び研究室の活動分野については、すでに本学のホームページ等で情報発信しておりますが、より多くの皆様の手に届くよう、各教員の研究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います。

公立千歳科学技術大学 理事長・学長

宮永喜一

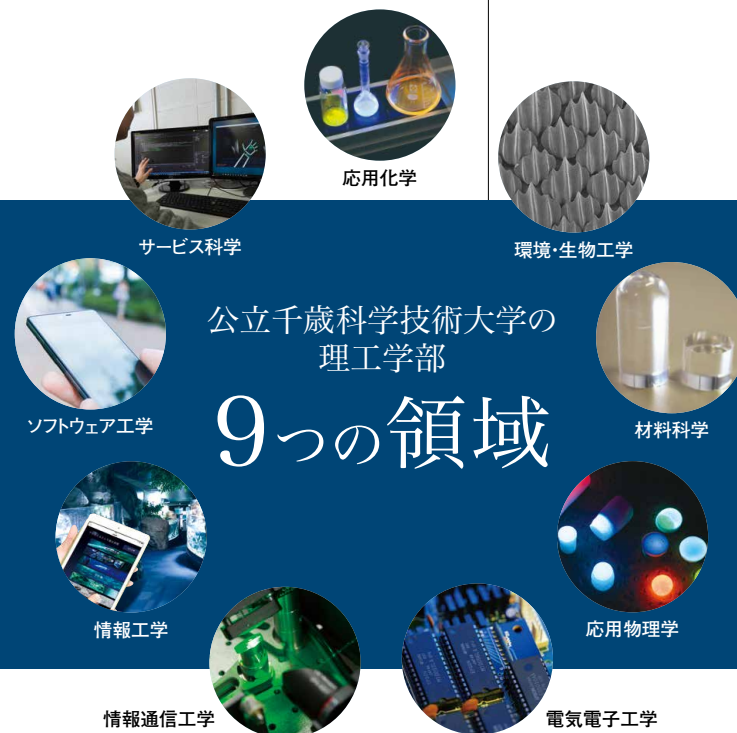
SEEDS

研究シーズ集

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。

公立千歳科学技術大学の
理工学部

9つの領域



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

サービス科学

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。

SEEDS

応用化学生物学科

DEPARTMENT OF APPLIED CHEMISTRY AND BIOSCIENCE

INDEX

001	カートハウス研究室	7p
	有機ナノテク・高分子科学	
002	井手研究室	9p
	水文学・水質化学	
003	梅村研究室	11p
	レーザ技術・波長変換技術	
004	大越研究室	13p
	高分子液晶の合成と光学素子への応用	
005	川辺研究室	15p
	有機・生体光学材料物性	
006	木村研究室	17p
	高分子化学・分子分光学・分析化学	
007	坂井研究室	19p
	物性化学・機能性化学・蛍光色素	
008	下村・平井研究室〔下村〕	21p
	生体模倣技術(バイオミメティクス)・自己組織化・ 界面化学・ナノテクノロジー	
009	下村・平井研究室〔平井〕	23p
	バイオミメティクス	
010	高田研究室	25p
	カーボンおよび関連材料の化学と応用	
011	谷尾研究室	27p
	透明ポリマー材料・高分子オプティクス	
012	堀野研究室	29p
	有機化学	

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。

001

Karthaus
LABORATORY

カートハウス研究室

教授・理学博士 オラフ カートハウス
Olaf Karthaus

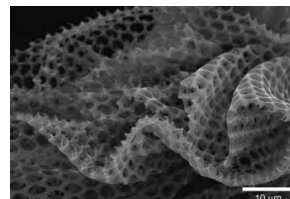
- 専門分野 高分子科学、界面科学、ナノテクノロジー、発光材料の薄膜作成
- ヨハネスグーテンベルグ大学(ドイツ)化学・薬学部化学科卒業
- ヨハネスグーテンベルグ大学化学・薬学部有機化学科博士課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

- ①環境に優しい材料の開発、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「環境に優しい材料」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

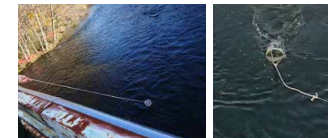
研究テーマ

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「環境に優しい材料」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

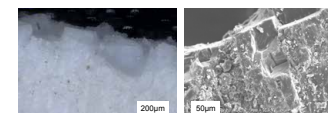


■サケの内臓のサンプリング



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。

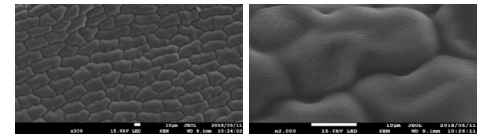
プラスチックの劣化



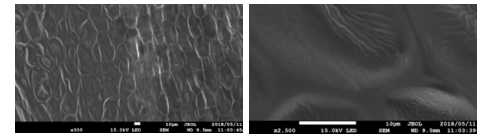
不法投棄されたものだけでなく目的があって設置・使用されているプラスチック製品も機械的、酸化的(光、熱など)、生物学的劣化を受け、小さなマイクロプラスチックの破片(マイクロメートル)に分解され、環境に再流入する。この微小さが問題に。

透明になる花卉

■自然状態

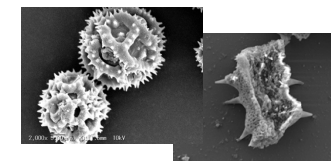


■界面活性剤



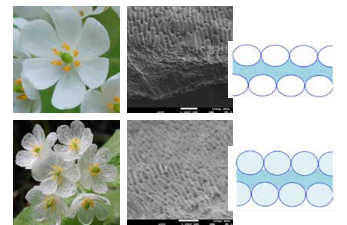
サクラは美しい白色の花弁をもっている。疎水性の花弁は水面に浮かべても白色を保つが、界面活性剤を使用すると透明になる。花弁の表面構造が変化するためである。

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。

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

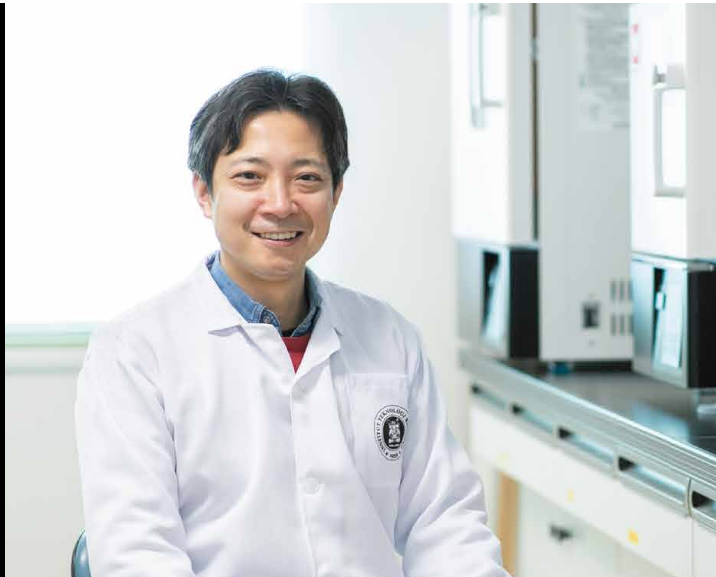
環境問題の海洋プラスチックとマイクロプラスチックの調査。千歳市内の河川、公園などのプラスチック調査。小中高等学校でのプラスチックの環境問題についての講義。公開講座を通しての市民への啓蒙活動。

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、まずはフィールドへ。

002 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



A PPEAL 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。

川や森などで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もあれば、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。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だけです。それを解析して何かが見えてくるこそ醍醐味だと感じます。

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だけです。それを解析して何かが見えてくる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

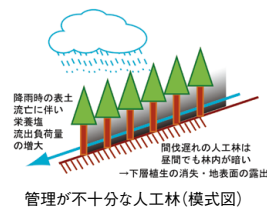
森林の種類や管理形態が流域全体の水・物質循環にもたらす影響と、その結果としての河川の水量・水質の変化に興味を持って研究に取り組んでいます。

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。

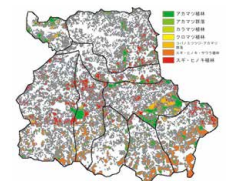
さらに、水文学の知見やツールを森林の地下水涵養機能の評価や遠隔地における小水力発電の持続的な運用等、地域の自立的発展に貢献できるような実践的な研究に活用していきたいと考えています。

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。



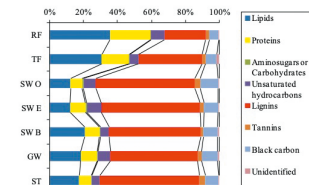
さまざまな土地利用(森林、農地、宅地等)を擁する流域において非管理人工林(針葉樹林)の水質浄化機構の評価を試み、針葉樹林が相対的に河川水のN、P濃度の上昇を抑える一方で、農地がN、P濃度を上昇させていたことを明らかにしました。



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も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)、地下水(GW)、河川水(ST)におけるDOM中の生体分子クラスの比。

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など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。

ウィルスの不活性化、公害物質の検知、 人と社会に役立つ研究です。

003 Umemura
LABORATORY

梅村研究室

准教授・博士(工学) 梅村 信弘

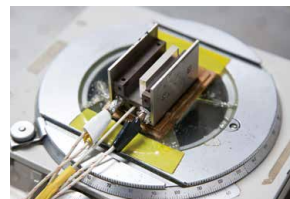
- 専門分野 レーザ工学、非線形光学(波長変換)、レーザシステム
- 大阪市立大学理学部物理学科卒業
- 大阪大学大学院基礎工学研究科物理工学専攻修士課程修了
- 大阪工業大学大学院工学研究科電気電子工学専攻博士課程修了



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。

結晶にレーザ光を当てて、その特性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こと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、紫外線から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。

産業から医療まで 応用できる分野はさまざま

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。中でも消毒を目的とした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よりも短時間で細菌を死滅させることを確認しています(写真)。この技術により、短時間でかつ対象物に触れることなく消毒作業を実施することが可能となります。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。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

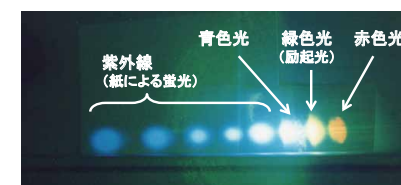
研究テーマ レーザの波長変換技術とその応用 ～深紫外線から遠赤外線まで～

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

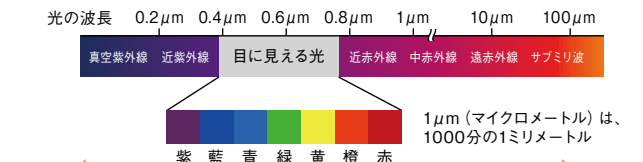
■身近な物質による波長変換の例



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



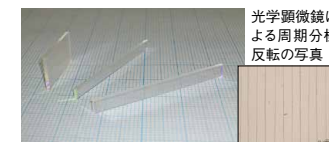
様々な非線形光学結晶を組み合わせることで、
レーザ光線の波長範囲を拡大し、変換効率を改善

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



深紫外線発生用



可視光～中赤外線発生用

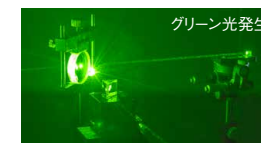


遠赤外線発生用



テラヘルツ波発生用

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の解明が必要である。



グリーン光発生



グリーン光励起によるチタンサファイア結晶の蛍光



紫外線発生

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190nmの深紫外線から3400nmの中赤外線までの波長範囲におけるナノ秒パルス(繰返し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。

004 Okoshi LABORATORY 大越研究室

教授・博士(工学) 大越 研人

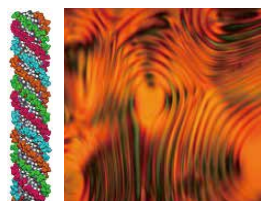
- 専門分野 高分子物理化学、液晶の物理化学、X線構造解析、走査プローブ顕微鏡、高分子溶液物性
- 東京工業大学工学部高分子工学科卒業
- 東京工業大学大学院理工学研究科有機高分子物質専攻博士課程修了



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。そうした分子がいったん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。そうした分子がいったん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%近くにつけるため、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尽大に近く、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。

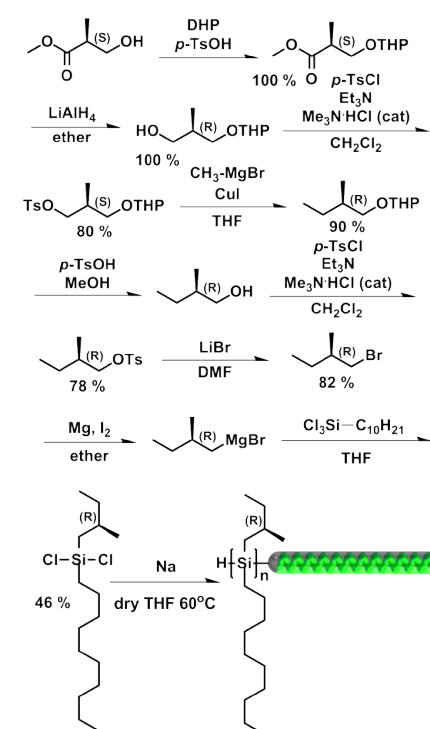
SEEDS

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

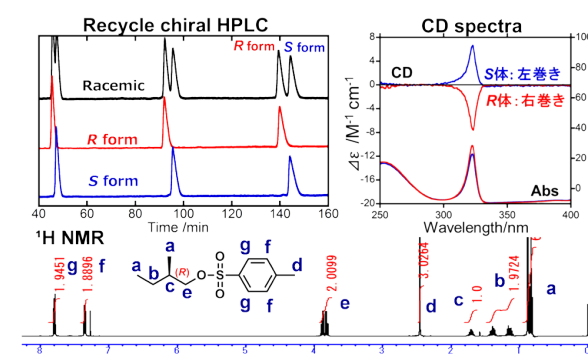
高分子液晶は、化学構造や分子量分布を精密に制御することで驚くほど多彩な超分子構造を形成します。私たちは、有機合成化学の力でさまざまな高分子液晶を合成し、形成する多彩な超分子構造をいろいろな分析手法を用いて解析すると同時に、光学素子に応用する研究を行っています。これらの技術は、モバイル機器の消費電力を著しく下げることのできる超高効率の偏光板などに応用が可能です。



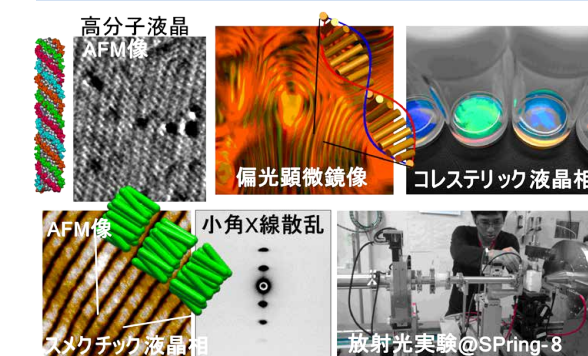
高分子液晶の合成



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、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。

「サケのDNA」でレーザーを発振、これで環境中のガスを測り自然を守るのです。

005 Kawabe LABORATORY 川辺研究室

教授・博士(工学) 川辺 豊

- 専門分野 応用物理
(光物性、非線形光学、有機エレクトロニクス)
- 京都大学理学部物理学第一学科卒業
- 大阪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

DNA複合体中に有機分子を混合することで光増幅効果を発現させ、レーザーとしての応用可能性を検討しています。基礎研究段階ですが、レーザー発振は確認できているので、性能向上と小型化に取り組んでいます。

DNAの中に色素を混ぜた試料。これに光を当ててレーザーを発振。



光機能を持つ分子とDNAの結合で新しい展開を目指す

生物学者にとってDNAは遺伝情報という捉え方でしょうが、我々にとっては高分子材料の一つです。特にこれは二重らせんという非常に際立った特徴を持つ分子です。この材料を他の分子と結合させることで、新しい機能を発現できるのではないかと考え研究を続けています。実はこの研究の源流をたどると、本学の2代目学長・緒方直哉先生が北海道らしい研究をということで、サケの白子から抽出できるDNAに注目したのが始まりです。緒方先生は産業廃棄物となっている白子の処理を有益な活用につなげようという狙いで始められました。それを受け継ぎ、DNAと光機能を持つ分子とを結合させ、光デバイスへの応用などを目標して研究をスタートさせました。そのうちのひとつがこのDNAを使った発光材料です。DNAが発光を強くすることは知られていましたから、それをレーザーに応用できないかと考えました。つい最近、熱心な大学院生が実験でレーザー発

振を最終的に確認しました。液体、膜、固体などさまざまな形態のうち、発光材料とするにはどの状態が最も適しているか、複数のアプローチでさらなる前進を目指しています。ちなみに有機物は通常、色素レーザー^{※1}というかたちで液体で用いられることが多いのですが、液体は扱いにくいという難点があります。固体にする研究も以前からありますが、有機物を固体にすると劣化しやすく、光を当てると、その色が抜け落ちてレーザーにならないという障壁がありました。それが、DNAを組み合わせると二重螺旋のすきまに分子が入っていくので、外部環境から守られ、使いづらいく所か通常のものに比べて寿命が長くなり、かなり使い勝手が広がります。今考えているのは環境中のガスの測定など、自然保護のための利用などに期待しています。

自然の中にある無数の秘密のカギをサイエンスで掘り起こそう

3次元ディスプレイについても研究しています。

もともとは国のプロジェクトを分担したのがきっかけですが、現在では偏光特性を制御することで明るい3次元像(ホログラフィー)を得ようとしています。また、長年続けてきた発光性ガラス^{※2}の研究も成果が出てきましたので、次のステップではこれを加工し、新しいレーザーの材料にと考えています。

こうした研究の魅力は、世の中になかったものを自分でつくり出すことだと思います。ふとした思いつきでも結構、何かを測定して出てきた数値の表やグラフが、まったく新しい発想を生むことは多くあります。そういうさまざまな要素を集めて、何かできることはないか考えることも研究の面白さです。細かいところこそ面白いことが隠れているので、そこに気づけるか否か、それを面白いと感じるかどうか、まだそんな「宝」は数多くあるはず。とりわけ自然の中にはそういうものが転がっていて、無数にある秘密のカギを見つけるチャンスは誰にもあります。それを一つずつ掘り起こしていくのがサイエンス。面白いと思いませんか。

※1「色素レーザー」 有機色素にレーザー光を当てると別の色のレーザーを発振。さまざまな波長を出します。
※2「発光性ガラス」 シリコンを含む有機物を水に混ぜ、放置・乾燥後に炉で焼き固めて製作。緑や赤の発光が見られます。

SEEDS

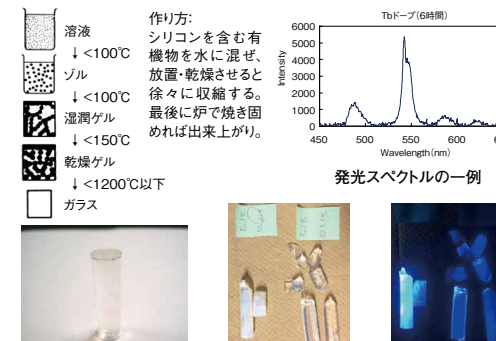
研究テーマ 発光性ガラスの作製・生体分子のレーザー応用・3D動画用高分子の開発etc.

家電製品やケータイにはさまざまな発光体が使われています。今後開発される新しいディスプレイには、より高性能な素材が求められるでしょう。われわれは化学的に合成されるガラスや生体分子であるDNAにいろいろな添加物を混合することで、鮮やかな発光がどのようにして得られるかを追求しています。

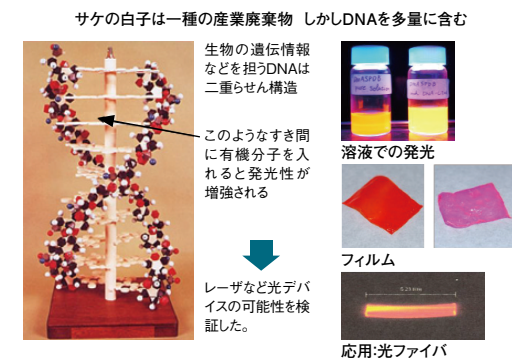
有機物を利用したもう一つのテーマとして3D材料の研究が挙げられます。ホログラフィーという技術で自然な立体視が得られることはよく知られています。われわれは、動画における自然な3Dディスプレイの実現を目指しています。

このようなことを研究するために、測定装置や測定法の考案、それを動かすためのプログラムの作成まで含めて総合的に取り組んでいます。

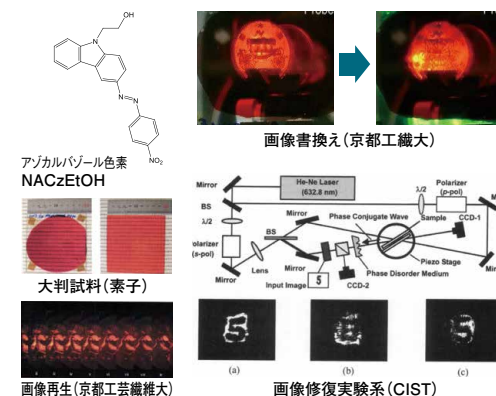
ゾルゲル法による発光性ガラスの開発



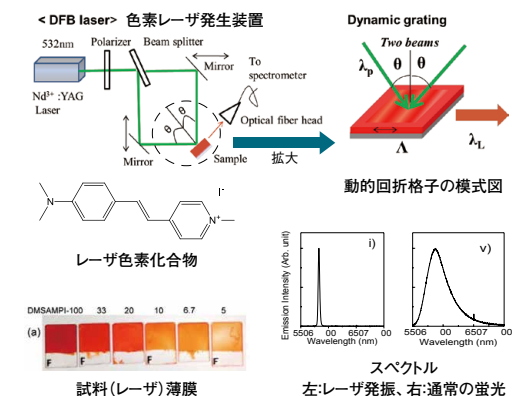
サケのDNAと光科学の関係は?



3Dディスプレイの材料は? ホログラム



DNA複合体色素レーザーを世界に先駆けて研究



企業等への提案

色素をDNA中に取り込むことで、新しい機能を発現させたり、強化することが可能です。この新奇な材料の応用としては、レーザー以外には光スイッチやセンサ、メモリなどが考えられています。

地域に向けてできること

市販の材料研究用DNAの多くはサケの白子由来です。千歳川を遡上するサケの白子から抽出されたDNAに付加価値を与え、千歳発の新しい先進材料や光素子を生み出せるかもしれません。

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。

006

Kimura
LABORATORY

木村研究室

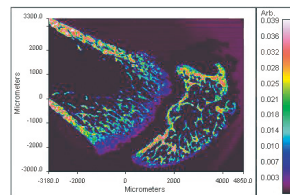
教授・博士(水産学) 木村 廣美

- 専門分野 化学構造解析、高分子化学、分子分光学、薄膜、界面化学、分析化学、自己組織化、医用工学、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科食品生産学専攻博士後期課程修了

APPEAL 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。

ラットの脛骨(けいこつ)の赤外イメージ。骨の主成分であるヒドロキシアパタイトの分布を示しています。



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、ベニザケは美タ川に遡上します。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、この研究の面白みは異文化コミュニケーションでもあると思っています。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。

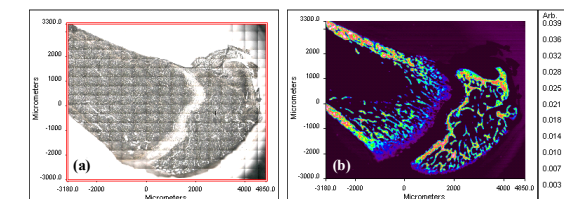
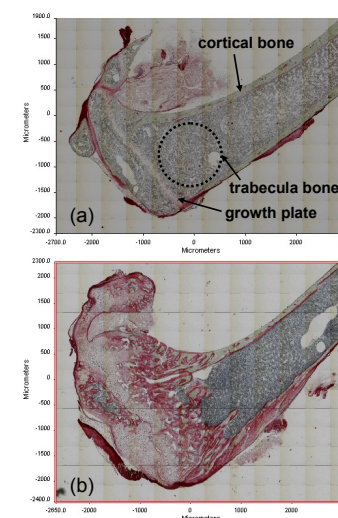
SEEDS

研究テーマ

赤外イメージング・近赤外イメージング
ラマン分光・骨質解析・腎臓解析
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とラマン分光法を用いて、骨質解析、腎臓解析、生薬分析、食品分析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。

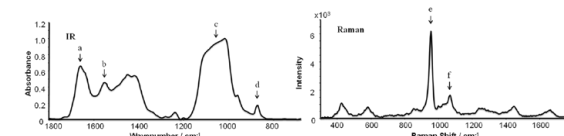
赤外イメージングと顕微ラマン分光による骨質解析



6週齢 ラット脛骨

(a): 可視画像、(b): 赤外イメージ画像

赤外イメージ画像(b)は、骨の主成分であるヒドロキシアパタイトに含まれるリン酸の分布を示しています。網目状の海綿骨がはっきりと観察できます。赤外イメージ画像は、～数十万の赤外スペクトルで構成されています。



赤外スペクトル

ラマンスペクトル

骨の典型的な赤外スペクトルとラマンスペクトルを示しています。バンドの位置で官能基や物質の化学構造がわかります。

a: アミドI b: アミドII c: PO_4^{3-} d: CO_3^{2-} e: PO_4^{3-} f: CO_3^{2-}

(木村・須田 廣美 et.al., 腎と骨代謝, vol. 22, 2009, pp.207-214 より)

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)などを用います。

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。

※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。

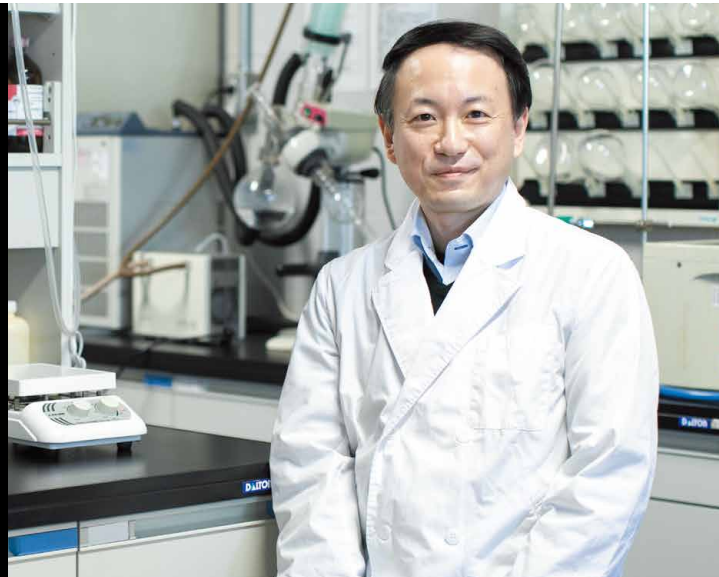
金属錯体と水素結合を利用して 「光り輝く新たな分子」づくりを行っています。

007 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



A PPEAL 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ることができますが、この研究室で扱っている金属錯体^{※1}というのは、有機分子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もっていき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うことで、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々あります。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わ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。

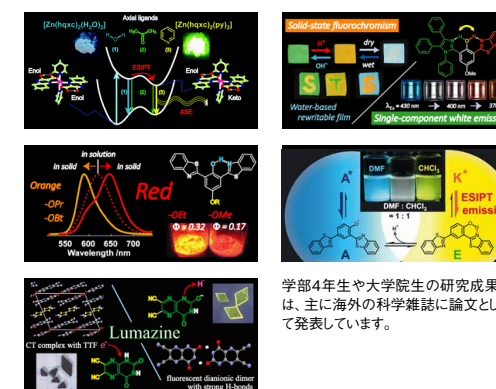
研究室での物質開発の流れ

建物を建てるのと似ています。



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。

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。

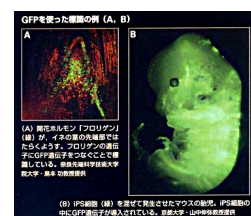
蛍光性物質の用途(1)

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)



最近の研究成果

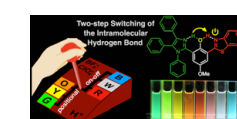
2018年 ドイツの学術雑誌に掲載

CHEMISTRY
A European Journal

Color Changes of a Full-Color Emissive ESIPT 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, Kelichi Kawano, Yuta Nakane, 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

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。

人類が抱えるエネルギー、資源、環境の問題を解決するヒントは生物にあります。

008 Shimomura & Hirai LABORATORY 下村・平井研究室

教授・工学博士 下村 政嗣

- 専門分野 生体模倣技術(バイオミメティクス)、自己組織化、界面化学、ナノテクノロジー
- 九州大学工学部合成化学科卒業
- 九州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

生物模倣技術(バイオミメティクス)をテーマに、生物の微細構造等が発現する機能を活用し、資源やエネルギー、環境などの現代社会の問題解決に寄与する新材料やデバイス、システムを創成する研究を行っています。



光の回折で発色するモルフォ蝶の羽の構造から、色素を使わず発色する繊維などが開発されています。

進化・適応のお手本である 生物を見ることで新しい技術へ

「バイオミメティクス」とは、生物模倣技術。「バイオ」は生物、「ミメティクス」はまねるという意味です。「生物規範」とも呼びますが、僕は「規範」をパラダイム^{※1}ととらえています。何がパラダイムかというと、生物は何億年もかけているような環境下で進化・適応してきていて、生き残ったお手本が目の前にあるわけです。僕の専門である化学では、コンビナトリアルケミストリー^{※2}といってさまざまな組み合わせを試して化合物をつくり、うまくいったものだけを抽出する手法がありますが、進化・適応はまさに壮大なるコンビナトリアルケミストリーといえます。そう考えると、コンピュータで人間がシミュレーションするより、生物を見にいった方が早いんですね。

しかも、一番大事なのは、進化・適応というのは環境に順応しているわけで、地球環境に優しい、完璧にフィットしたかたちであるわけです。ですから、生物がやることをまねればエ

ネルギー、資源、環境などの課題をクリアできる、持続可能社会の実現に大きく寄与するというのが、バイオミメティクスの現代的な意味です。「未来は実は身の回りにある」というとてもいい言葉があります。なぜ虫が天井を歩けるのか、そういう身の回りの自然の中にあることに不思議さを感じ、どう工学的に取り組むかを考えていく。生物のメカニズムを明らかにし、人間の英知を使うことで、生物にはつくれないようなものがつくれるのです。

自然豊かなキャンパスで バイオミメティクスを学ぼう

生物がどうやって生き延びているのかを見ても、人間とはやり方が違います。特に産業革命以降、人間は化石燃料をどんどん使い、例えるなら鉄で建物や橋をつくり、アルミで空を飛び、シリコンで情報を知り豊かに生活しています。しかし、資源やエネルギーには限界があるので、手立てとしては減速しかないのに、それもしたくない。ならば、パラダイムを変える

しかないわけです。

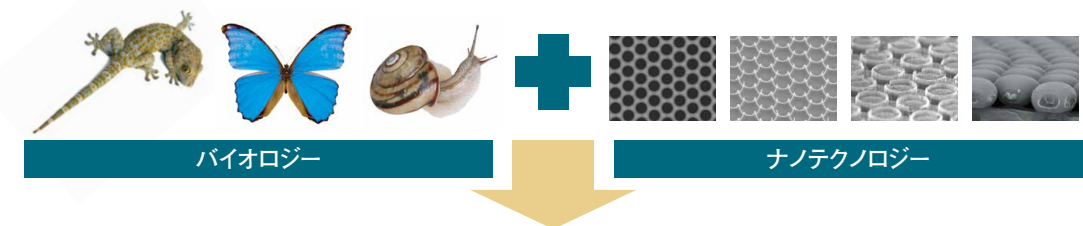
例えば、蓮の葉は濡れたくないでワックスを出し、さらに表面が凸凹しているため水をよくはじきます。ところが人間はテフロンを使うわけで、考え方が全然違います。ものづくりでも、例えば貝殻の成分はセラミックスの原料になる炭酸カルシウムなどですが、貝は海水から吸収したものを外に出して常温・常圧でつくっています。ところが人間は、同じセラミックスをつくるにもエネルギーを使って高温で焼くわけです。生物はものづくりでも、自己組織化^{※2}のプロセスをうまく使っている。そうしたパラダイムが違うものが身の回りであることに気づけば、いろいろな問題点をどう解決していくかに探りを入れていけます。

ただ、日本ではまだ理解が深まっていないため、バイオミメティクスのシステムティックな教育が必要です。自然豊かな本学の環境を活用してフィールドワークなども取り入れながら、バイオミメティクスの総合的な意味合いを学生たちに伝えることに力を入れていきたいと思っています。

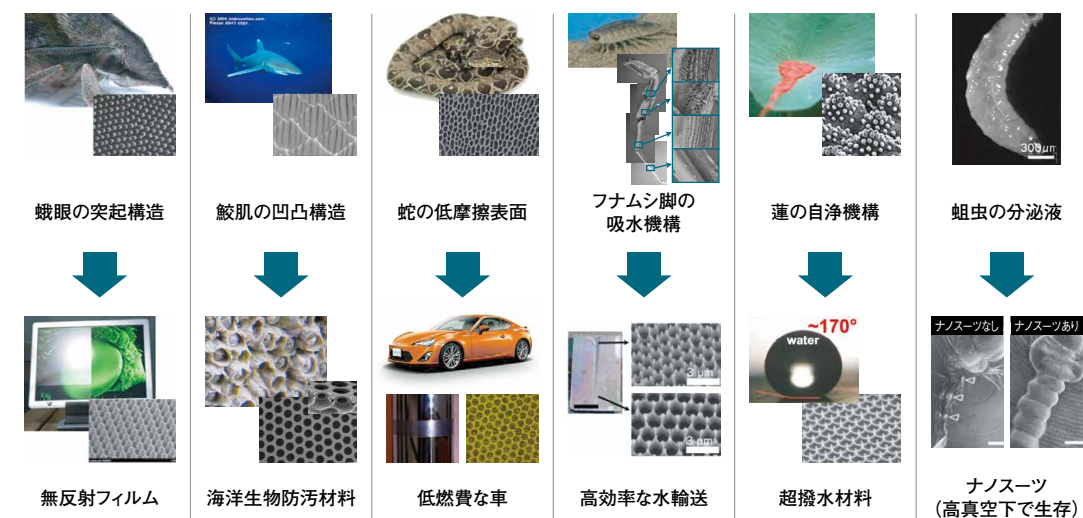
SEEDS

研究テーマ 持続可能社会を実現するための生物模倣技術

生き物、特に昆虫や爬虫類は、“気持ち悪い”かもしれませんが、彼らはびっくりするような構造や機能を持っています。例えば、人間が発明した「歯車」とそっくりの構造を使って飛び跳ねる虫や、雨が降っても濡れない蓮の葉の表面や、雨が降ると自然に汚れが落ちるカタツムリの表面など、目から鱗が落ちることがいっぱいあります。そして、虫たちが持つ機能は私たちの生活でも役に立つのです。雨が降るときれいになる建材があれば、雨の日も憂鬱じゃない?かも。さらに虫や植物は、石油や原子力のような地球環境に負担をかけるようなエネルギーを使わずに、何億年も生きてきました。生物は、長い進化と適応によって環境に優しい「技術」を培ってきた、とすることができます。生物が形作る構造と、構造が生み出す機能、そして構造を作り出すプロセスを生物から学ぶことで、人類が抱えるエネルギー、資源、環境の問題を解決する新しい技術が生まれるのです。



持続可能社会を実現するための生物模倣技術



企業等への提案

バイオミメティクスは、持続可能性のための技術革新のヒントをもたらします。生物多様性からの技術移転を可能とする「バイオミメティクス・インフォマティクス」を基に自己組織化プロセスによるモノづくりをします。

地域に向けてできること

“Smart Nature City ちとせ”を目指した市民との対話の場である「オープンサイエンスパーク千歳」において、生態系バイオミメティクスの視点から、地域課題の解決と持続可能な街づくりを考えます。

※1「パラダイム」 ある分野や時代において、多くの人に共有される支配的なものの見方や考え方、枠組み。
※2「自己組織化」 分子などが自発的に特定の秩序を持つ構造をつくり出す現象のこと。

例えばカタツムリ、ハスの葉、サメ。 自然に学んで新しい材料をつくり出します。

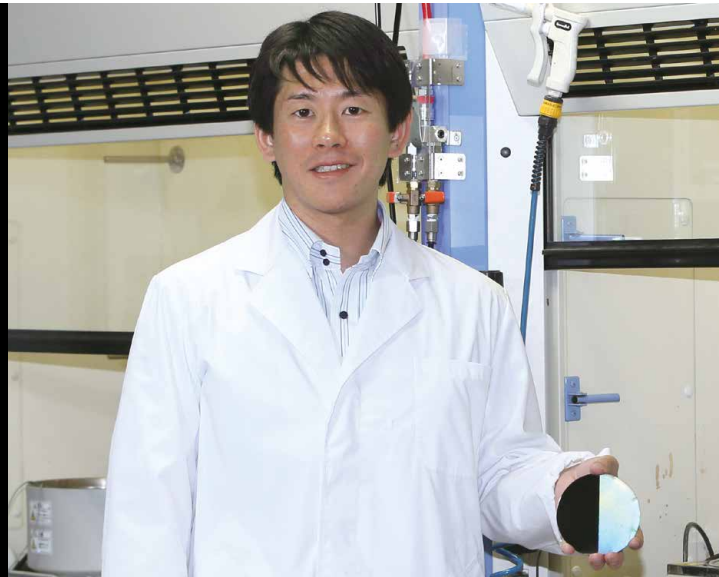
009

Shimomura & Hirai
LABORATORY

下村・平井研究室

准教授・博士(工学) 平井 悠司

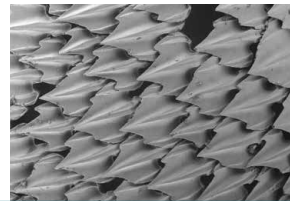
- 専門分野 自己組織化、バイオミメティクス、ナノテクノロジー、界面化学、コロイド化学
- 北海道大学理学部化学科卒業
- 東北大学工学研究科バイオ工学専攻博士後期課程修了



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。

サメ肌(ツマリツノサメ)の電子顕微鏡像。構造を研究し、新たな機能性材料の創製を目指します。



生物が持つ構造に着目し 機能をまねて材料を創製

研究のテーマは、「自然に学ぶモノづくり」。バイオミメティクスといわれるもので、生物の構造に着目して材料を創製します。例えば、カタツムリの殻がいつまでもきれいなのは、表面にたくさんある溝に水が入りやすいので、水の膜が張られて脂汚れがつかないため。この構造を防汚技術に展開し、トイレや雨が降るときいになるタイルなどに応用しています。ほかにも、蓮の葉の撥水性を利用した超撥水材料、蛾の目は光を反射しないので、それをまねた材料をディスプレイに張って反射を防止するなど、製品化もされています。

最近、私自身が関わったのは、ヘビの表面にあるパターン構造をまねた低摩擦の材料をつくり、エンジン内部に使えないかという自動車メーカーとの共同研究。それに続いて、サメ肌の研究もしています。サメ肌の構造をまねて流体抵抗を下げられれば、タンカーなどの燃費をよくできます。また、表面にフジツボなどの海

洋生物が付着しないので、これもタンカーの表面などに利用できれば、抵抗が減って燃費が大きく変わります。これらのプロジェクトは、工学と生物と産業をリンクさせて産学官連携でやるうというもので、国立科学博物館の先生たちと一緒に、実際に生物を採集するところから取り組んでいます。

構造自体は、今のナノテクノロジー※1を使えば割と簡単につくれます。ただし、費用と時間とエネルギーと資源を使う。ですから、プロジェクトのもう一つの趣旨が、省エネ・低コストを目指すことで、作製手法では自己組織化という自然現象をうまく利用することを考えています。それで産業応用できれば、省エネや持続可能社会に貢献が可能です。

フィールドワークなどを通して 生き物の見方も大きく変わります

研究室としてまず取り組むのは、サメ肌の研究。もう一つは、水生ではないけれど水中に住んでいて、超撥水性の表面をお腹に持つ昆

虫について。水に濡れたくない表面を水中に入れたと空気がつき、それを酸素ポンプとして使って水中で呼吸できるのです。さらに、水の中に含まれている酸素が供給されるため、持って入った分よりたくさんの酸素を使える。そうした超撥水の表面をつかって、実際の酸素ポンプに活用できないかと考えています。

学生たちは、いろいろなところに連れていきたいですね。フィールドワークで実際に生物の神秘や命の尊さを感じ、それをもとに材料をつくらなければ。北大の科学博物館とのプロジェクトもありますし、美ら海水族館の方や企業の方と一緒に進めている研究もあります。生き物の採集からどのような機能があるのかを観察して、そして製品としてつくり上げて行く過程を経験してもらうことで、自分の関わった製品が世の中の役に立っているという感動を味わってもらいたい。

この分野に携わると、生き物の見方が大きく変わってきます。まだ新しい分野なので謎が多く、テーマは無限にあるといえますから、これからが楽しみな面白い分野です。

SEEDS

研究テーマ

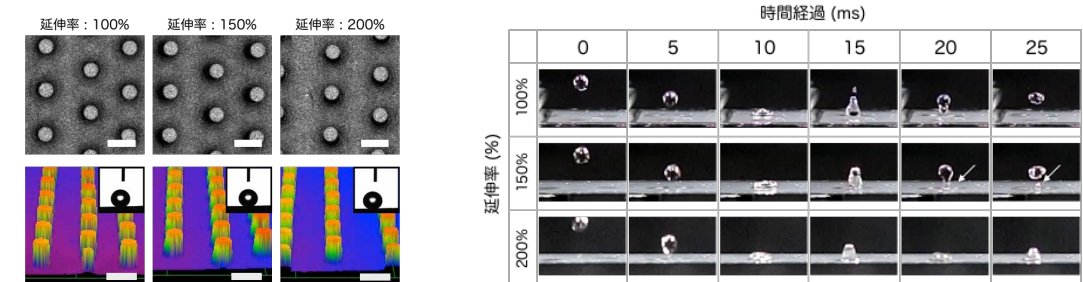
自然に学ぶ機能性表面の作製と物性の解析

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

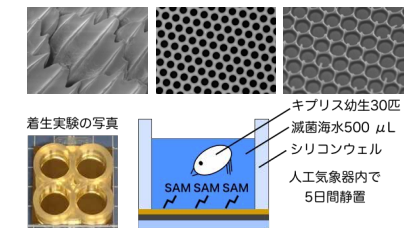
■研究室で飼育しているフジツボ



■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を調査し、これまで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。

※1「ナノテクノロジー」物質をナノメートルの領域で制御・加工する技術。

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。

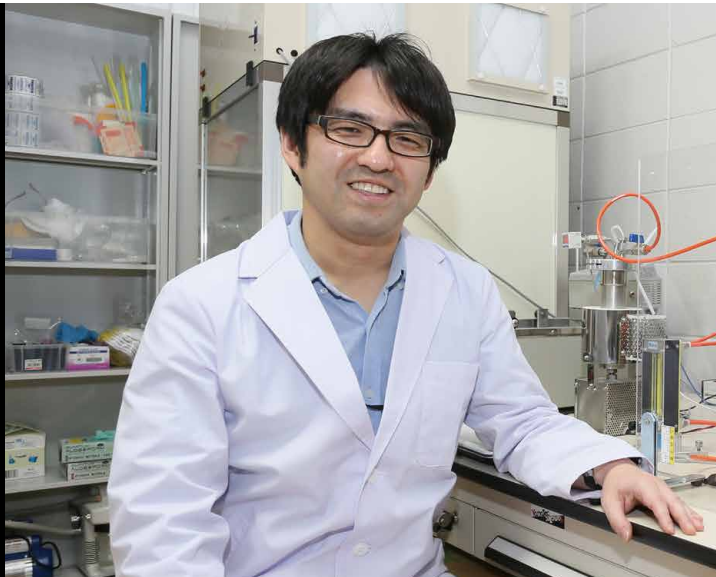
010

Takada
LABORATORY

高田研究室

准教授・博士(工学) 高田 知哉

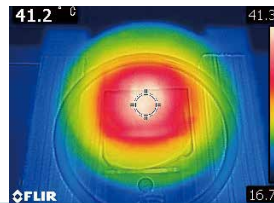
- 専門分野 カーボンおよび関連材料の化学と応用
- 北海道大学工学部応用化学科卒業
- 北海道大学大学院工学研究科分子化学専攻博士後期課程修了



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窒化炭素(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。

SEEDS

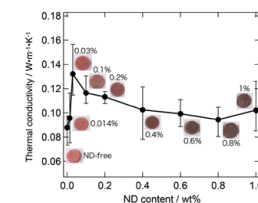
研究テーマ

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

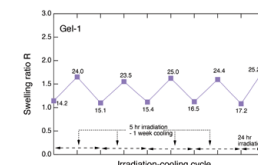
カーボン材料(炭素原子が集まってできる材料)は、材料として優れた様々な物理化学的性質や機能性を持ち、実用化技術が積極的に研究されています。古くから知られているものでは活性炭や黒鉛などが様々な目的で利用されており、また近年では炭素原子が規則的な配列で結合した微小粒子であるナノカーボン(カーボンナノチューブ、フラーレン、グラフェン、ナノダイヤモンドなど)が、電子工学や機械工学など幅広い分野での利用が期待されています。さらに、カーボンと類似の構造を持つ各種の物質が知られており、環境汚染物質の分解など様々な応用が試みられています。

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。

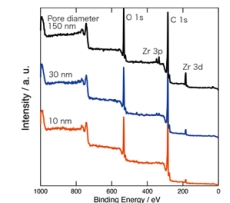


温度変化に伴う水の出入りにより膨潤・収縮を繰り返す性質をもつポリアクリルアミド/ポリアクリル酸複合ゲルに、カーボンナノチューブ(CNT)を添加して赤外線照射のON・OFFを繰り返した際の温度と膨潤率の変化。赤外線照射によりCNTが発熱し、ゲルの膨潤を引き起こすことがわかりました。このときの体積変化を利用して、赤外線で作動可能な機械パーツなどへの応用が期待されます。

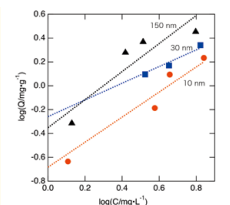
企業等への提案

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℃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。

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。

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。

※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。

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。

011

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めざしています。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、現在、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。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。

※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。

SEEDS

研究テーマ

透明ポリマーの光学特性制御および高性能化 透明セルロースナノペーパー(透明な紙)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必要があります。

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、木材などの植物繊維から作られる透明な紙の光学材料としての可能性を追求する研究も行っています。



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植物繊維から作られる透明な紙(紙の透明化)

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

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。

012 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と、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あるよりも5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つくるのが求められており、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くっていきます。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たりします。経験や知識があるとう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

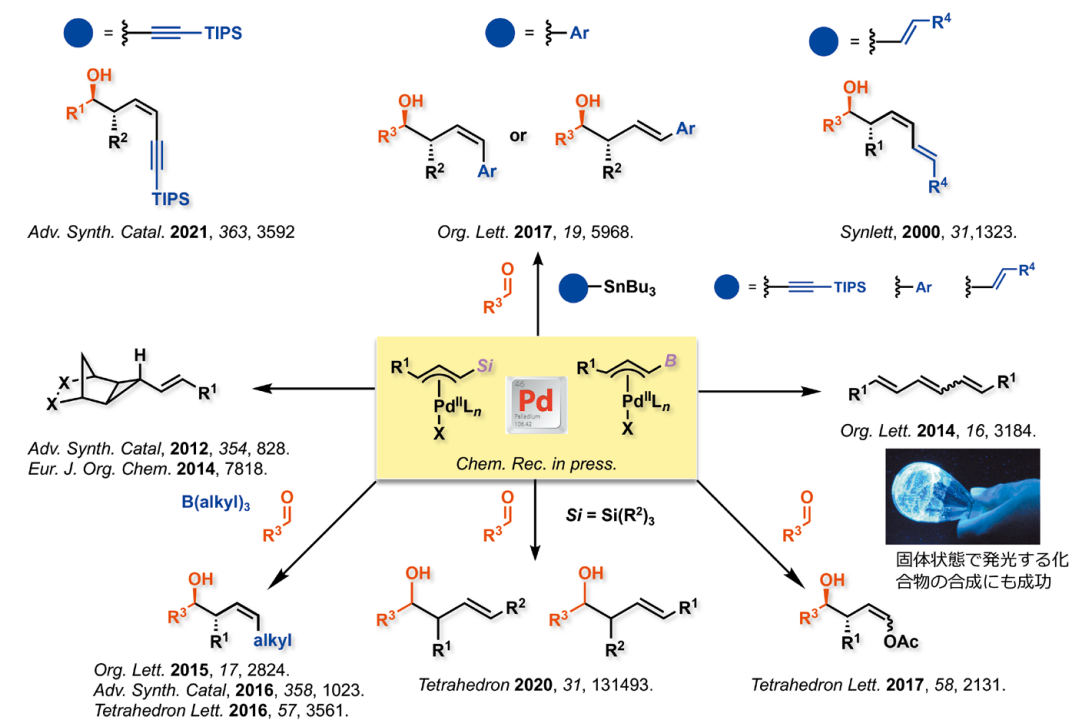
当研究室は、遷移金属を触媒として使う有機合成反応の開発に取り組んでおり、現在はパラジウムを使った多成分連続型の反応を手がけています。有機合成反応は2つの成分を反応させて化合物をつくるのが一般的ですが、当研究室が開発した方法では、触媒を使って3成分もしくは4成分の化合物をショートカットでつくるができます。

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。

SEEDS

電子光工学科

DEPARTMENT OF OPTO-ELECTRONIC SYSTEM ENGINEERING

INDEX

013	福田研究室	33p
	アナログ電子回路	
014	青木研究室	35p
	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	
015	江口研究室	37p
	光波・電磁波伝搬シミュレーション	
016	小田(尚)研究室	39p
	ロボット制御・ロボットビジョン	
017	小田(久)研究室	41p
	光物性・光デバイス	
018	唐澤研究室	43p
	超短光パルス技術・非線形光学	
019	佐々木研究室	45p
	光通信システム	
020	張研究室	47p
	フォトリソデバイス・光物性	
021	長谷川研究室	49p
	機構デバイス工学・光応用計測・科学、工学教育	
022	山中研究室	51p
	オキシライドの探索と応用	
023	吉本研究室	53p
	社会を支える光ファイバネットワーク	

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。

013 Fukuda LABORATORY 福田研究室

教授・博士(理学) 福田 誠

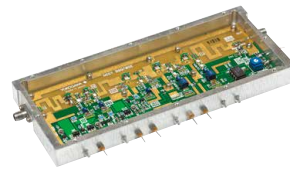
- 専門分野 アナログ電子回路
高周波エレクトロニクス
- 慶應義塾大学工学部物理学卒業
- 東海大学大学院理学研究科学位(博士)取得



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。デジタル時代を支えるためにも、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、眠る時間がもったい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の間を行き来し、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されました。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も任されましたが、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

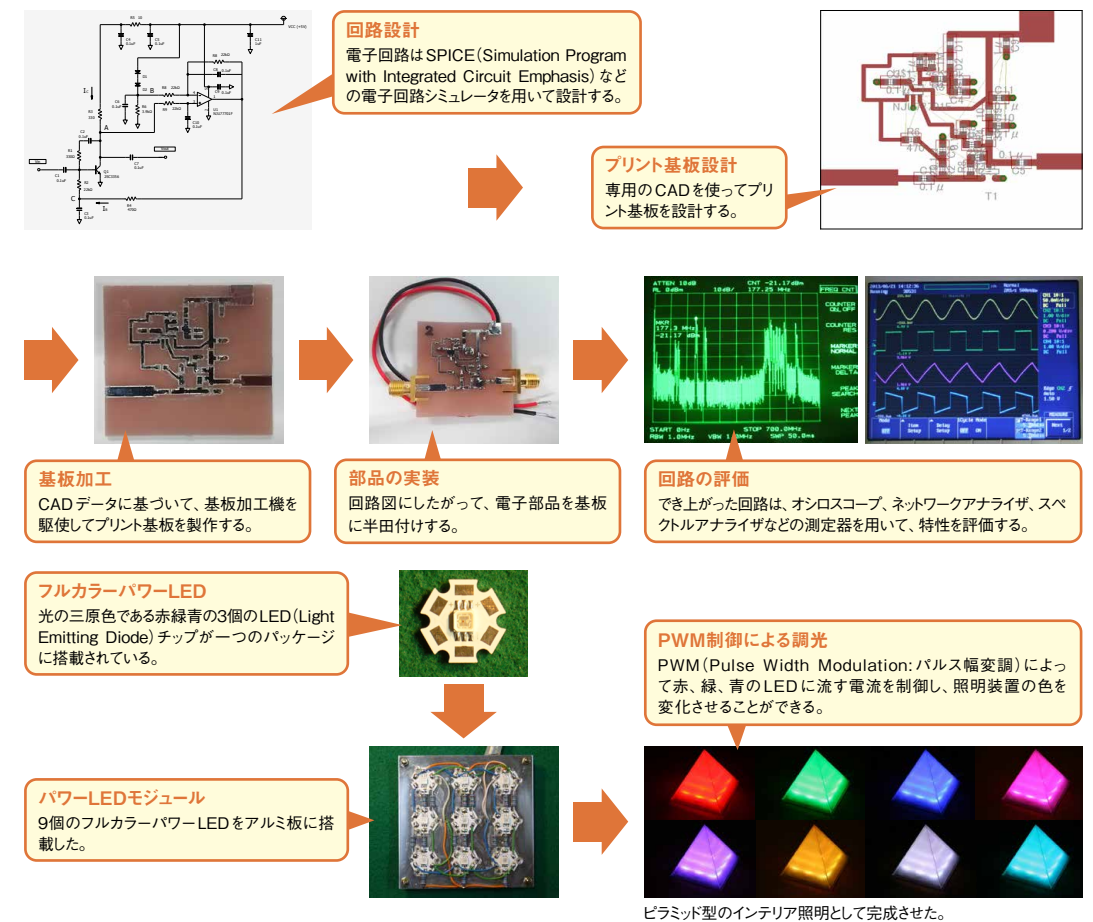
子回路の面白さを伝えたいと思っています。数学や理科と違って高校では電子回路の授業がないので、電子回路はハードルが高いと感じる学生が多いようです。市販されている電子回路の教科書を見ると、確かに初心者には難しそうな雰囲気漂っていますね。しかし、私が回路を設計する時に使う法則はたった2つ。オームの法則とキルヒホッフの法則です。使う計算も四則演算だけです。大まかな回路図ができれば、コンピュータの回路シミュレータに回路図を入力し、精密な計算はシミュレータに任せます。つまり、2つの法則を使いこなすことができれば、電子回路の設計は誰にでもできるのです。ちょっとしたコツを身につければ、さまざまな回路を自分の手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

SEEDS

研究テーマ 高周波回路の開発、LED駆動回路の開発、 低雑音増幅回路の開発

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LEDを駆動する回路などの開発に取り組んでいます。GHz帯の信号はスマホやWiFi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。

※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。

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。

014

Aoki
LABORATORY

青木研究室

准教授・博士(工学) 青木 広宙

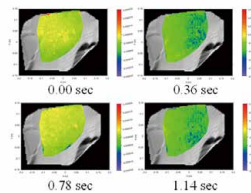
- 専門分野 画像工学、生体医工学、計測工学、福祉工学、スポーツ工学
- 早稲田大学理工学部資源工学科卒業
- 慶應義塾大学大学院理工学研究科学位(博士)取得

A PPEAL POINT
アピールポイント

3次元ビジョン技術の応用研究
Depthカメラを用いた3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、胸腹部表面に表
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、面白いと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

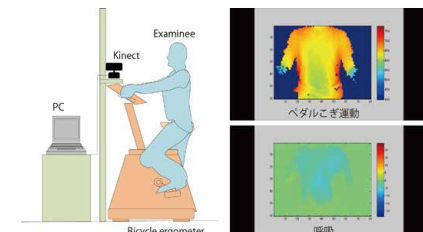
青木研究室では、主に、画像工学・生体医工学・福祉工学・スポーツ工学・農業工学・メディアアートに関連する研究活動を行っています。

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。

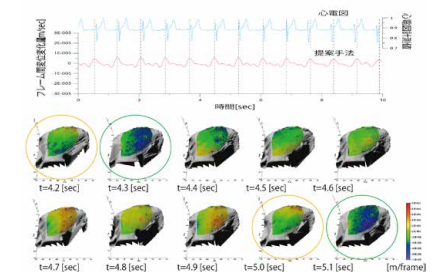
研究活動が社会貢献につながるように、研究成果の実用化を念頭にいた研究テーマに取り組んでいます。

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
- 疑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

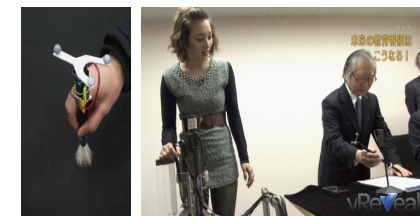
三次元画像センサを用いて運動中の呼吸の
非接触計測

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)



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)

疑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)

企業等への提案

3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3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
- ・身振り手振りで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)」 慢性閉塞性肺炎。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。

015

Eguchi
LABORATORY

江口研究室

准教授・工学博士 江口 真史

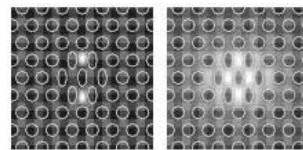
- 専門分野 光波・電磁波の波動伝搬解析、シミュレーション工学、
高複屈折フォトニック結晶光ファイバの開発、
大規模・超高精度シミュレーションとその高速化技術の開発
- 北見工業大学工学部電子工学科卒業
- 北海道大学大学院工学研究科電子工学専攻博士後期課程修了



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。

ここで言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ですが、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が。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し、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続け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。

SEEDS

研究テーマ 光ファイバ・光導波路・アンテナ解析

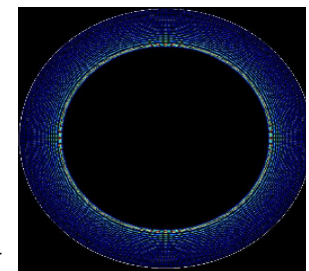
コンピュータを用いた解析、設計技術、いわゆる、数値シミュレーションは超高層ビル、巨大橋梁、航空機をはじめとした巨大構造物の解析構造、自動車などの空力解析、電気光分野における電磁波、光波解析、天気予報をはじめとした地球シミュレータで有名な超大規模環境変化シミュレーションなどの物理的な問題に関連した分野はもちろんのこと、経済予測、自然災害の予知、そのメカニズムの解明などますます社会に欠かせない技術となっています。

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

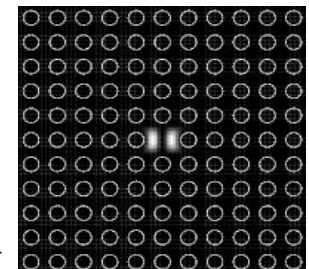
プラスチック光ファイバ中の光の分布



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

※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。

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。

016 Oda LABORATORY 小田研究室

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

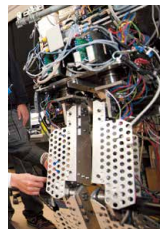
■慶應義塾大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士課程修了



A PPEAL 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、光計測技術を利用した制御といった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:力センサ(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、オプ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。



オプティカルフロー

たとえば、
こんな操作支援

- 障害物の回避
- 先導者に追従

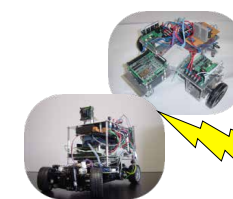


ロボット車椅子

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

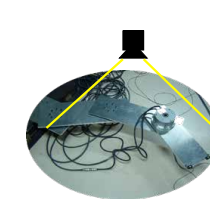


ヘッドマウントディスプレイ

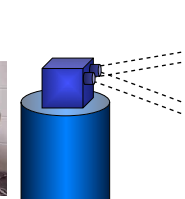
視覚がやはり大切

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、目で見ていた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。

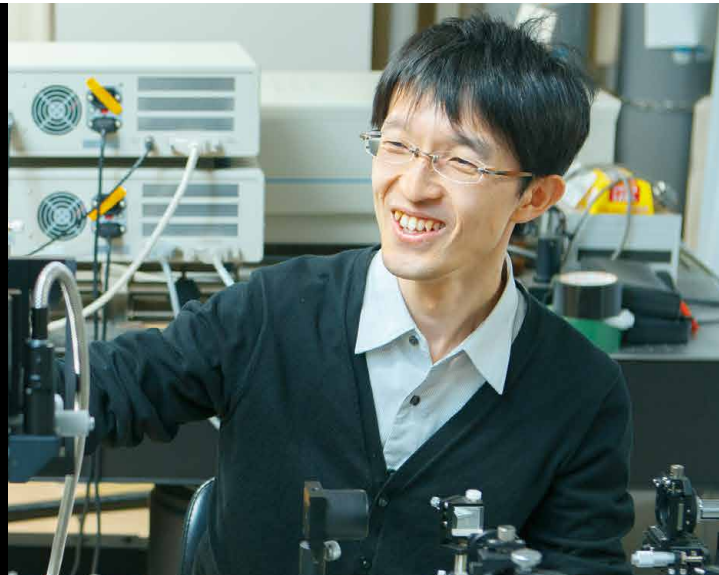
※1「モーションコントロール」 運動制御。ロボットの動きを思い通りに制御するために必要な技術。
※2「電動車いす」 視野内の動的变化が伝わり、障害物の回避などをサポートしてくれる電動車いすの研究に取り組んでいます。

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。

017 Oda LABORATORY 小田研究室

准教授・博士(理工学) 小田 久哉

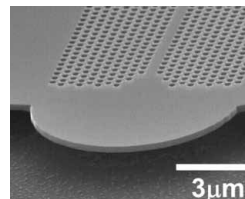
- 専門分野 非線形光デバイス、
フォトニック結晶の光物性とデバイス応用
- 千歳科学技術大学光科学部物質光科学科卒業
- 千歳科学技術大学大学院光科学研究科光科学専攻
博士後期課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

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。

もっと細かくいうと、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、遅くするということが困難です。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26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、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。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。そう信じるのが、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

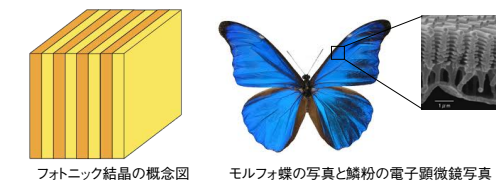
光を自由自在に操作。21世紀は光の時代と言われています。我々の身近な所でも信号機や車のヘッドライトがLEDに変わり、ソーラーパネルによる発電、スマートホンの顔認証に代表される光センシングなど、光の担う役割は重要になっています。

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。

フォトニック結晶

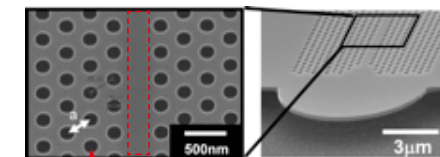
フォトニック結晶とは、屈折率が異なる物質を光の波長と同程度の間隔で並べた、ナノ構造体をもつ人工の結晶です。一般的には人工物ですが、フォトニック結晶に類するものは自然界にも存在します。モルフォ蝶の羽は青く見えますが、これは羽の鱗粉には、縞で等間隔で並んだ周期構造により青色の光を反射しています。



フォトニック結晶の概念図 モルフォ蝶の写真と鱗粉の電子顕微鏡写真

2次元フォトニック結晶導波路

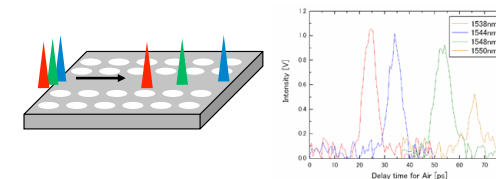
半導体の微細加工技術はLSIに代表されるように我が国には高い加工技術があります。我々はGaAsという半導体の薄膜面内に周期的に直径180nmの空孔を導入した2次元フォトニック結晶を作製しています。また一部を空孔を入れず(赤点線部分)に、その部分を光導波路として機能します。



直径180nmの空孔を周期的に配置
—— 髪の毛の約400分の1!

フォトニック結晶導波路を利用した光速度制御

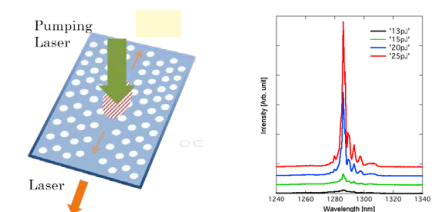
フォトニック結晶導波路中では光の速度が波長によって大きく異なります。光の速度を遅くすることにより、光と物質の相互作用を強くすることや、光スイッチや光フリップフロップ回路に応用することができます。



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

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発振する新しい原理のレーザが可能になります。



フォトニック結晶レーザの概念図 光スペクトルの観測結果からレーザ発振していることが確認できます。

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」、そこから新しい世界を広げたい。

018

Karasawa
LABORATORY

唐澤研究室

教授・Ph.D 唐澤 直樹

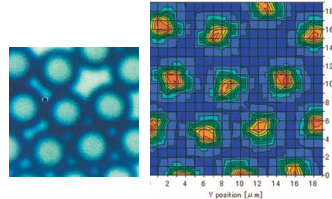
- 専門分野 超短光パルス技術、非線形光学、非線形ファイバ光学、フォトニック結晶ファイバ
- 慶應義塾大学工学部電気工学科卒業
- カリフォルニア工科大学(アメリカ)応用物理専攻博士課程修了



APPEAL POINT アピールポイント

レーザ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ィ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による発光から得られた構造。



微細な構造や化学的な組成が分かる顕微鏡への応用を研究中

レーザ技術に関する研究で、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レーザを原子に当てると電子が飛び出し、電子の分布などの状態が分かります。さらに、もっと短い波長にできればX線が出るので、X線レーザへの応用が考えられます。普通のX線では2次元画像しか

撮れませんが、X線レーザができればホログラフィ^{※1}のような3次元画像が撮れる可能性があります。

今、主に取り組んでいるのはそうしたもののうち顕微鏡への応用実験です。超短光パルスレーザを物質に集光すると、物質によって違う色の光を発します。その色を見分けることで、構造と化学的な組成が同時に分かるという顕微鏡です。細胞レベルで見えるので医療面での応用のほか、ポリマーの分布などを見る材料系でも使えるのではないかと考えています。将来的には、顕微鏡の光源としてレーザシステムをつくれたら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しかありません。超短光パルスレーザを使

うと、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です。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。ある学生は波形形成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、その場で見るができ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。

※1「ホログラフィ」 光の回折・干渉を利用して、レーザで立体画像を記録・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。

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

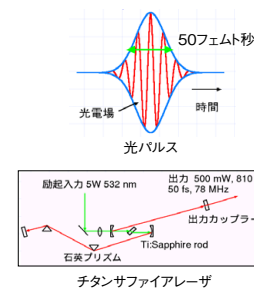
指向性の強い光を発生する装置としてレーザがありますが、発生する光の制御を行うことによって時間的に非常に短い時間だけ存在する光のかたまり(これを光パルスと呼びます)を作ることができます。これはカメラのフラッシュライトのようなものですが、現在のレーザ技術ではその時間幅が千兆分の1秒程度(1千兆分の1秒のことを1フェムト秒と呼びます)の光パルスが発生可能です。これは人類が現時点で手にしている、最も短時間の現象を扱うための道具とも言えます。このような超短光パルスを用いると通常の光では起こらない様々な現象を起こすことができます。この良い例が、フォトニック結晶ファイバという空孔のあるファイバを用いた超連続光の発生です。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(チタンサファイアレーザ)からは幅が50フェムト秒(5×10^{-14} 秒)の光が発生します。

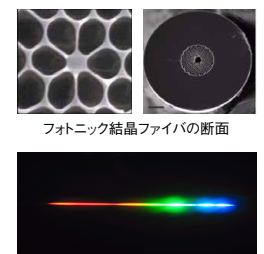
- これは現時点で人類が手にしている、最短の時間を制御できる技術です。



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。

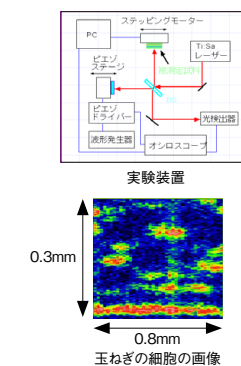
- この光ファイバに超短光パルスを導くと光の強度が非常に高くなるため超連続光と呼ばれる光が発生し、多くの応用に用いることができます。



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ストモグラフィーと呼びます。

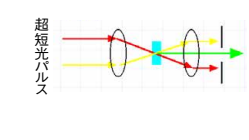
- 分解能はパルスが短いほど良くなります。これは時間的にパルスが短いとそれは空間的には狭い位置にあることになるからです。



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。これを顕微鏡に应用すると試料の分子組成や微細構造がわかります。

- 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。



企業等への提案

超短光パルスレーザ等を用いたレーザ加工、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。

まだまだ発展の余地がある「光通信」の分野は、チャレンジのしがいがあります。

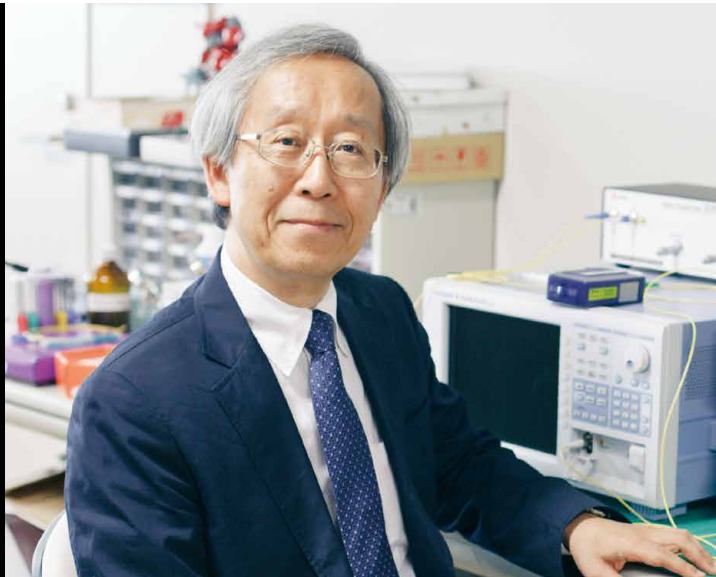
019

Sasaki
LABORATORY

佐々木研究室

教授・工学博士 佐々木 慎也

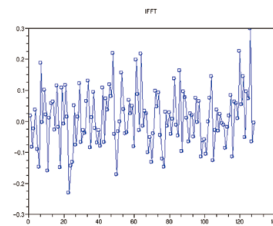
- 専門分野 通信工学、オプトエレクトロニクス、光通信、光ネットワーク
- 北海道大学工学部電子工学科卒業
- 北海道大学大学院工学研究科電子工学専攻博士後期課程修了



A PPEAL POINT アピールポイント

本研究室は、100Gbit/s～400Gbit/s 超高速光通信システム、特にデータセンター向け(通信距離40km以下)光通信用変復調方式を研究しています。ステージは、基礎研究から応用研究に移行中です。

光 OFDM(直交周波数分割多重)信号の時間波形(シミュレーション)



目的は「可能な限りたくさんの情報を、可能な限り遠くまで」

研究テーマは、高速の光通信システム^{※1}です。スピードが早くなればなるほど、たくさんの情報を送れますから、そのための研究にずっと取り組んできました。

光通信という分野の面白さは、目指すところが非常にはっきりしている点にあると思います。「可能な限りたくさんの情報を、可能な限り遠くまで」という明確な目的があり、それをどうやって実現するかについてたくさんの人がいる考え、工夫を凝らしています。光通信に関わることは、結局は「人と人をつなげる仕事」といえますから、そうしたことに喜びを見だし、研究の面白さを感じてもらいたいと思っています。

今や電話をかければ皆さんの声は光になってつながるわけですから、光通信はとても身近な存在です。ただ、光ファイバ^{※2}などを見る機

会はなかなかないでしょうから、実際に触って、情報や声はこうして伝わっていくということを肌で体験してもらおうと考えています。

研究は、コンピュータによるシミュレーションなどをメインに進めていきますが、光通信は、まだまだ発展する余地がある分野です。研究を通して少しでも面白さを学んで、次の光通信の発展に貢献するような学生が出てくれることに大きな期待を寄せています。

分からなかったことが分かる喜びを研究を通して経験してください

研究というのは、常に競争です。ほとんど負けてばかりですが、時にはほかの人より一歩先に進むことができたということがあり、その時はやはりうれしいものです。それに、失敗した場合でも、今までの自分の知っていたところよりは少し先に行けた、自分の分からなかったこ

とが少しでも分かるようになったと思います。学生の皆さんにも、今まで分からなかったことが分かる喜びを一つでも二つでも経験してほしいと思っています。大学は、「これは面白い」というものを見つける場といえます。何にでも興味を持ってチャレンジし、その中で、これは一生やっていけそうだなとか、やっていきたいなものに出合えば、最高だと思います。

私には長く企業で研究に取り組んできた経験がありますから、やがては企業に旅立つ学生たちに、自分の経験を少しでも話してアドバイスをしたいとも思っています。これまで数えきれないぐらいのプレゼンテーションをしてきましたから、仕事をしていく上で欠かせない自分自身や研究結果をどう売り込むかというプレゼンの技術についても指導していきます。

光通信の可能性は無限大です。光通信のさらなる発展に向かって、ぜひ一緒に研究を進めていきましょう。

SEEDS

研究テーマ

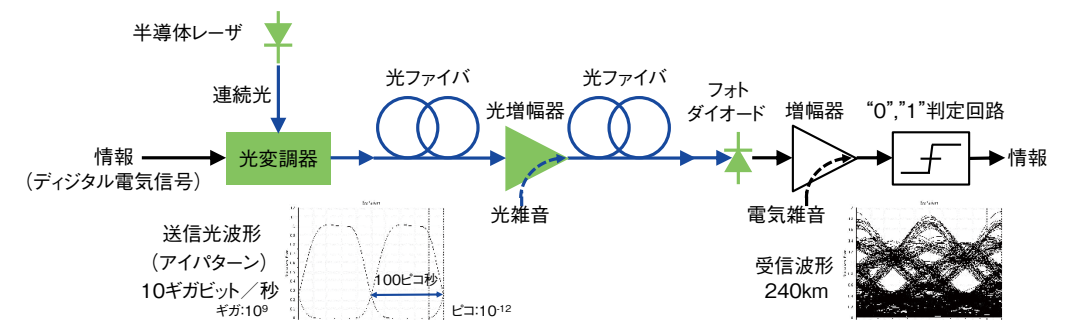
光通信システムの基本特性評価・デジタル信号処理を用いた光通信システム

光通信は電話の音声、TVの映像信号、インターネットのデータ等、ありとあらゆる情報を、光信号に変えて通信を行います。この光信号は、髪の毛とほぼ同じ太さの直径0.1mmほどのガラスでできた光ファイバを伝わって、受け取り手(受信者)に届きます。受信者は、この光信号を電気信号に変えて、元の情報を取り出します。

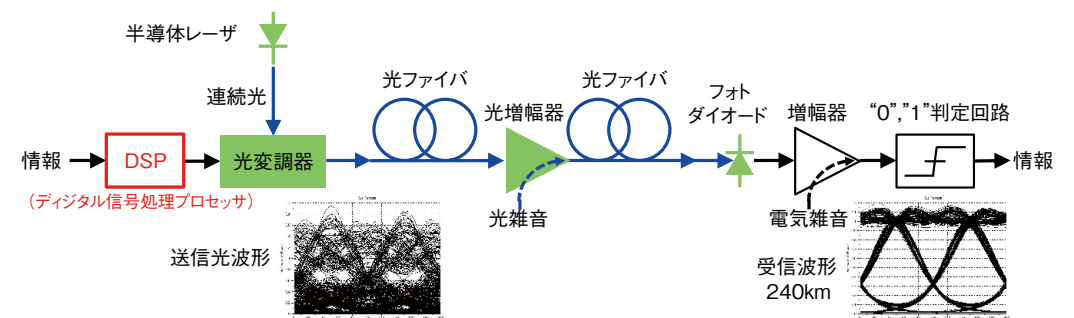
この光通信システムは、より大量に、より遠くまで、より正確に、情報を伝えることを目的に発展してきました。その結果光通信は、目には見えませんが、現在の情報化社会の通信インフラ(社会基盤)としてあらゆる場面、例えば、電話、TV、インターネット、携帯電話などで活躍しています。

研究室では光通信システムそのものの特性を評価するほか、光通信システムの能力をさらに引き出すための研究、例えばデジタル信号処理を送信機や受信機に適用する研究などを行っています。

光通信システムの構成



デジタル信号処理技術を導入した光通信システムの例



企業等への提案

本研究は、400Gイーサから1Tイーサへの適用が考えられ、特に経済的なシステムを実現できる可能性が大了。

地域に向けてできること

機器の選定、使用方法など光通信に関するアドバイスができます。

※1「光通信システム」 デジタルデータを光の点滅に変換して通信を行うシステムで、高速、大容量、伝達距離が長いなどのメリットがあります。
 ※2「光ファイバ」 髪の毛ほどの細さのガラス繊維で、光信号を通す通信ケーブル。

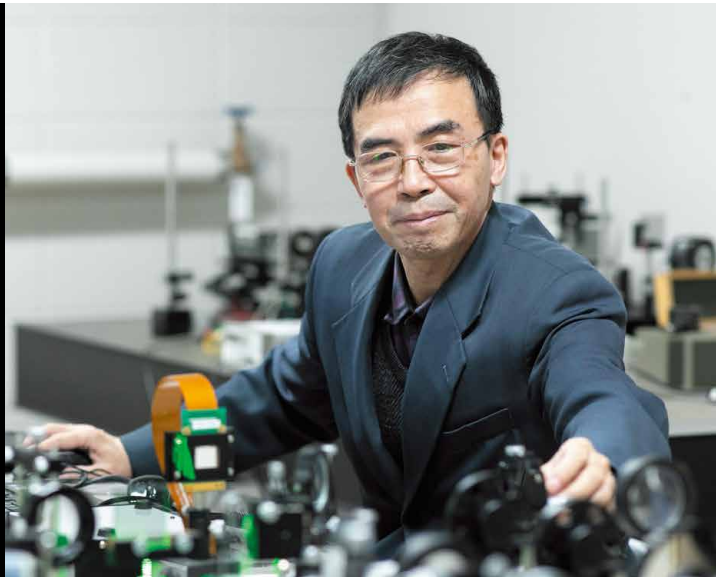
機能性に優れた光デバイスに、 科学の眼は期待を寄せています。

020 Zhang
LABORATORY

張 研 究 室

准教授・工学博士 張 公儉

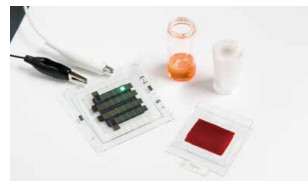
- 専門分野 光エレクトロニクス、非線形光学、光導波理論
- 西安交通大学(中国)基礎課程学部物理学科卒業
- 慶應義塾大学大学院理工学研究科学位(博士)取得



A PPEAL POINT アピールポイント

波面や偏光のトポロジカルな構造を制御することで発生する光波は重要な特徴である偏光に依存しない軌道角運動量を示します。これらの光波は共通の特徴があり、ビームの強度の分布は環状とな

ります。現在では、これらの性質を活用した様々な応用が、情報通信、ナノテクノロジー、イメージングなど様々な分野で実用化を目指して研究を進め、とくにレーザー顕微技術分野での進展はよく知られている例があります。本研究では光波波面制御において実験研究と効率的な理論シミュレーションの手法についての研究を行っています。



実験中の材料。画像記録などの機能を持つデバイスの開発を目指しています。

「光の半導体」で高速・大容量の 通信や情報処理を目指します

次世代の情報産業の有力な担い手として期待が高まっている有機エレクトロニクス・フォトニクス材料やデバイスについて研究しています。特に、機能性のある光デバイス^{※1}をつくることをテーマにしています。情報を記憶したり、処理したりする装置です。演算機能を持っていて、情報処理ができるコンピュータのようなデバイスを目指し、材料の開発と物性の評価などを行っています。

また、最近話題のフォトニック結晶ファイバの理論シミュレーションと実験も進めています。これは、将来的には通信に使われ、大容量の信号を送れるようになるはずと見込まれているものです。つまり、光の半導体^{※2}のようなものと考えていいでしょう。今、世の中で使われている電気デバイスは半導体の結晶で、人工

的につくれませんが、光の半導体なら人工的につくれるのが魅力です。材料をつくり、測って性質を調べ、さらにその動作の解析もしています。

ここでの研究を通して一番身につけていただきたいのは、フォトニクスという分野の基礎的な技術です。光の半導体は、比較的まだ新しい分野です。有意義な知識と技術と研究能力を身につけ、世の中に出て実際に生かす存在になることを願っています。

新しい分野は可能性がいっぱい 光のデバイスを実用化へ

研究を通じてみなさんは次世代の技術にふれる大きな喜びと手応えを感じられることでしょう。今までの半導体の技術に代わる次世代の光の分野で、従来では不可能であったいくつものことができるようになります。光の

分野は科学の世界で大変期待されています。通信や情報処理はその代表です。大容量の通信ができ、スピードも追求できます。電子のデバイスを画期的に上回ります。

目標は光のデバイスを電子デバイスと同様に実用化・一般化することです。構想中の事案は、ほかにもいろいろありますが、とりあえず光の物性を解明することに力を注ぎ、普通の電子デバイスと同じようにすることを優先したいと考えています。そのためには、コストの低廉化や性能の向上など、課題は多々あります。しかしながら、新しい領域に積極的に携われるというのは、科学の分野に身を置く者にとって大変な楽しみでもあります。時間をかけて実験を重ねていくと新しい現象を必ず発見できる分野であり、それが社会で役立つというやりがいにも満ちています。研究室の学生にはそうした大きなやりがいをもって取り組んでいただけることを期待しています。

SEEDS

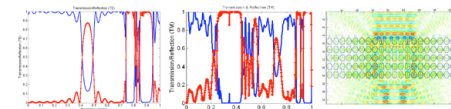
研究テーマ

有機フォトリフラクティブ光学効果・ 有機非線形光学の応用・フォトニック結晶と フォトニック結晶ファイバの解析

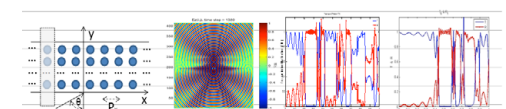
フォトニック結晶中の光の伝搬は半導体中の電子の伝導と基礎方程式が同じタイプであって、波の性質もよく似ています。次世代の情報産業の有力な担い手として期待が高まっている有機エレクトロニクス・フォトニクス材料およびデバイスについての研究です。特に人工設計の可能となるフォトニック結晶、フォトニック結晶ファイバというような光の半導体の理論シミュレーション、設計を行います。材料の電気および光学性質はその分子の構造と分子の配向方式により大きく変化することにより、さまざまな機能を持つ光学素子が開発できます。例えばリアルタイム光信号を記録し、処理できるようなデバイスの設計、解析および作製、またこのような材料の開発に関する研究も行っています。

フォトニック結晶およびフォトニック結晶ファイバの解析

PCFを導波原理で分類すると、二つに分類できます。一つは、PBGによって光を閉じ込めるフォトニックバンドギャップ型PCF(PBF)です。もう一つは、全反射により光を閉じ込める、屈折率導波型PCFです。1) 空孔の位置や大きさを変えることで偏波保持特性ファイバや、曲げによる光損失も極めて小さいファイバが実現され、今後の宅内の光配線にも有望です。2) 大きな開口数はPCFの特徴ともいえます。機能性分子材料を導入により様々な光デバイスが容易に実現できます。



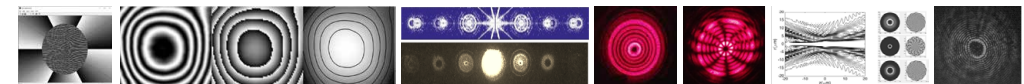
周期構造中の光波の伝搬、シミュレーション結果、光波透過スペクトル



Meta-material 中の光波伝搬、自己集光の様子。

コンピューター合成ホログラムによる光波のマニピュレーション

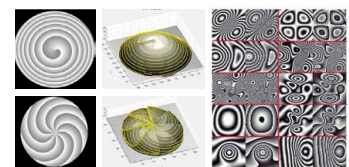
渦光波ビームは位相の特異点を持つことや軌道角運動量を持つという特徴があるため光学操作や量子計算及び量子通信等の分野で潜在的に実用化の可能性を有しています。計算機合成ホログラムにより光波Vortexの発生およびその集光特性の理論解析、実験測定を行い、また強く集光した際の焦点付近での強度分布の振る舞いおよび応用についての研究を行っています。



開発したSLM素子の操作のソフトウェア、素子位相歪の測定、補正、渦光波の発生の実験

光波干渉パターンによる3次元形状の測定

3次元の形状は光波の干渉で測定できます。一般に同時ではなくいくつかの位相シフトした干渉パターンで実現することができます。しかし一枚の干渉パターンにより精度よく3次元の形状が推定できます。この場合、閉じた干渉パターン、あるいは渦のある干渉パターンでは確定できないことは大きな課題です。本研究では非線形回帰という手法を用い、ワンショット干渉パターンから位相回復についての研究を行っています。右図に示したものは渦のあるものおよび閉じた干渉縞を含む、様々な干渉パターンにおいての処理した結果です。



企業等への提案

研究開発に関しては、ダイナミックな光波波面制御を利用したイメージング、レーザー顕微技術の開発が可能となります。

地域に向けてできること

光波波面制御に関しては効率的な新手法とコンピューター合成ホログラムにより光波波面制御でレーザー顕微、イメージング技術に関して協力できることがあればご相談ください。

※1「光デバイス」 光を利用して情報の記録や伝達などを実現する装置の総称。レンズや光ファイバ、レーザなど身の回りにも数多くあります。
※2「半導体」 シリコンやダイオードが代表的。電気を通す物質(導体)と通さない物質(絶縁体)の中間の性質を持ち、温度によって導電率が変化。

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。

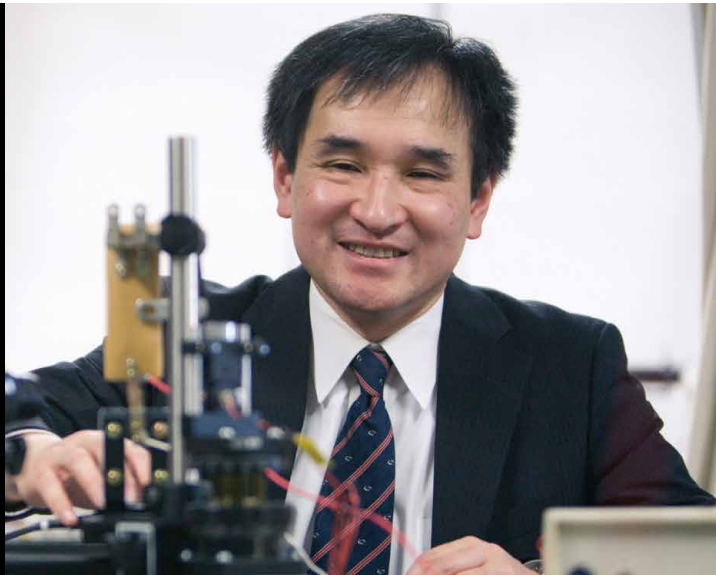
021

Hasegawa
LABORATORY

長谷川研究室

教授・工学博士 長谷川 誠

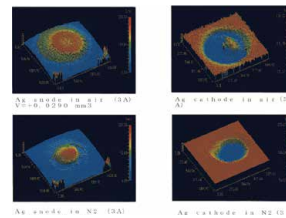
- 専門分野 光応用計測、機構デバイス工学、理科実験教材の開発と効果的な実践手法の検討
- 慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業
- 慶應義塾大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士課程修了



APPEAL 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氣的・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3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めばい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、どういうものがいいか自分たちで考え、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。学生みな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なと思います。

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。

※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。

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

光ファイバ出射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。

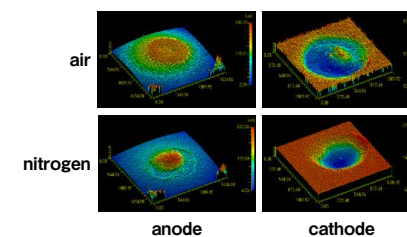
2 有接点スイッチの高信頼性化

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。

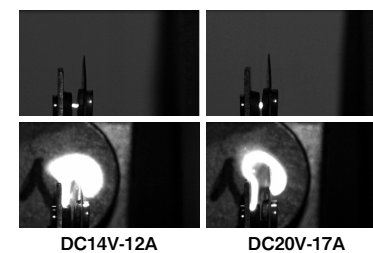
3 理科・物理実験教材の開発と工学・物理教育の実践

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

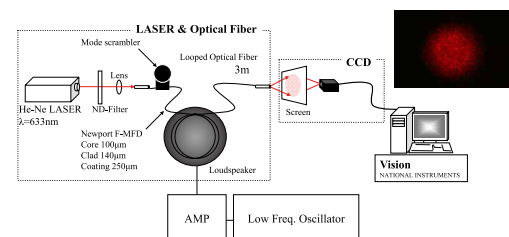


アーク放電によるAg電極の損傷形状
～レーザー顕微鏡による三次元イメージ～
(損傷の可視化を通して、接触現象の新しい考察を可能にしました)



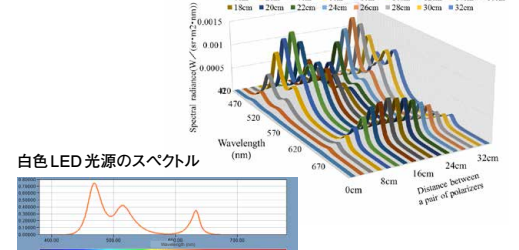
外部磁界印加の有無によるAgSnO₂接点の開離アーク放電の違い
外部磁界無(上段)では放電は電極間に位置しますが、外部磁界有(下段)では、ローレンツ力により放電が引き延ばされます＝磁気吹消し

光ファイバ出射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～

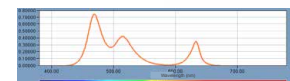


高濃度の砂糖水溶液の旋光による透過光の 着色現象の理論的解明と物理教育への応用の試み

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及・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。

先端企業と研究室がコラボレートし、 「次世代の次」を探しています。

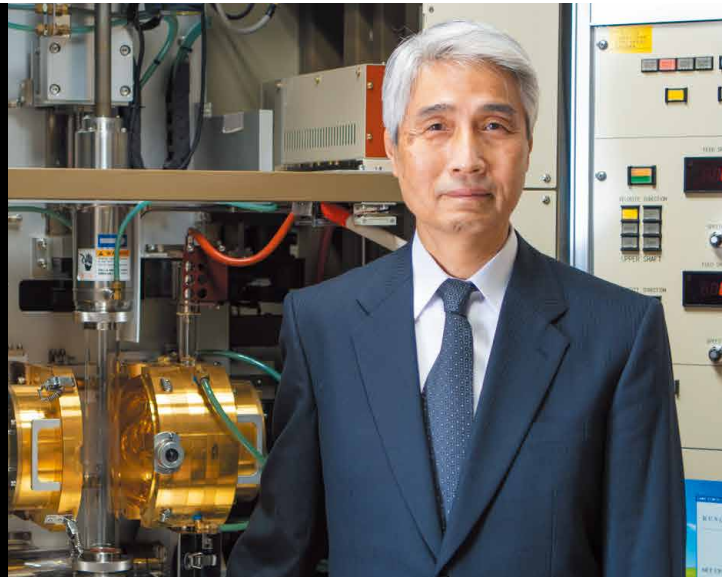
022

Yamanaka
LABORATORY

山中研究室

教授・理学博士 山中 明生

- 専門分野 ワイドギャップ半導体、蛍光材料、磁気光学材料
- 北海道大学理学部物理学科卒業
- 北海道大学大学院理学研究科物理学専攻博士後期課程修了



APPEAL POINT アピールポイント

新規セラミックスの開発を行っています。ビジョンとしては光アイソレータ(磁気光学)、蛍光体、ワイドギャップ半導体への応用です。研究ステージは、前者2テーマは実用化段階、最後のテーマは基礎研究の段階です。

研究室で合成されたオキシド。さまざまな色で鮮やかに発光するのがキレイ。



研究対象は色鮮やかに発光する物質 その魅力との出会いが始まりです

金属元素と酸素の化合物であるオキシド^{※1}、発光性セラミックスなどがここでの主な研究対象です。光デバイスなどへの応用を目指して、新しいデバイス材料に取り組んでいるわけですが、実際のところ、こうした鮮やかな色で光る物質というのは、興味を引きやすい。例えばLED照明をつくろうとすればLEDと、それに色をつける物質つまり半導体と蛍光体という電子と光との両方を勉強できます。光の色を変えるという分かりやすい結果がついてきますから、純粋に面白い研究でもあります。

この研究室でも企業との共同研究を多く行っています。今、日本の企業は競争が激しく、社内だけではリスクの高い研究にはなかなか取り組めなくなっていますから、私たちが協力し「次世代の次」の世代に出てきそうなものをいろいろ探索しています。

研究室では、最終的に特許^{※2}の出願を目指しています。学生たちの卒業研究や修士の研究が特許公報に発明者としてきちんと載ります。これまでに実際に特許を取得したケースは20%ぐらいでしょうか。修士1年、学部4年時に取得する学生もいますし、過去にさかのぼって出願することもありますから、卒業の時点では特許取得にならなくても、しっかり結果を残しておけば、それがやがて表舞台に出ることもあります。

研究成果を学会で発表する経験が プレゼンテーション能力に

学生には学会発表を数多く経験させるようにしています。研究は、いつかまとったら発表しようというのでは、なかなか先に進まないものです。この学会に出すと決めて、絶対に間に合わせるものです。もちろん無理なテーマを掲げさせることはなく、ある学会で発表した内容

にプラスアルファしたものを次の学会に、というふうに少しずつ積み重ねた研究内容を、その時々発表していきます。そういう経験をする、間違いなく人前できちんと話ができるようになります。プレゼンテーションができるようになるには、実際に経験を積むしかないので。研究というのは長期間にわたることも多く、今いる学生が積み重ねたものを元に、次の代の学生が結果を出すかもしれません。だから、自分が一生懸命に積み重ねたものを、その成果としてまとめておくことも大事だと思っています。

もう一つ、この研究室らしいところは、世界的にもあまりつくれない特殊な材料づくりに挑戦しようという姿勢です。自分で何かをつくって、それをレーザー技術を使って測定し、最後には特許まで目指す。このようにさまざまな経験をする中で、自分の得意なものを見つけてくれるとうれしいです。卒論を書くことだけが目的ではなく、学生時代に研究室で何かをやったという手応えを持っていたきたいと思っています。

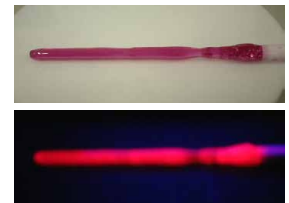
SEEDS

研究テーマ

発光性・蓄光性オキシドの探索研究 発光性セラミックス・ナノ粒子の研究

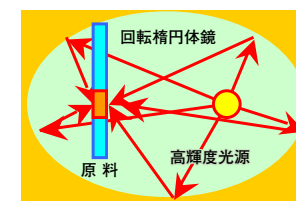
金属元素と酸素の化合物をオキシドと言います。例えば、赤く光る宝石であるルビーはアルミニウムとクロムのオキシドで、初めてレーザーが作られました。またガラスはシリコンのオキシドで、光ファイバに用いられています。オキシドはとても身近なものですが無数の可能性を秘めているので、山中研究室では光デバイスや光システムへの応用を目指して、新しい発光性オキシドの探索研究や、発光性セラミックス・ナノ粒子の研究を行っています。

ここで紹介するのは、山中研究室の学生たちが発明・発見したもので、すべて新しいオキシドです。内容の一部は秘密となっています。お許しください。

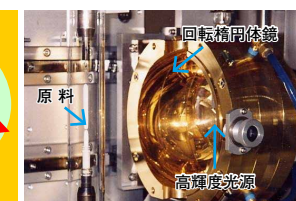


ルビーの単結晶：写真上
赤く発光するルビー：写真下
(山中研作製)

発光性・蓄光性オキシドの探索研究

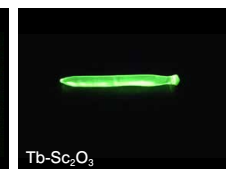
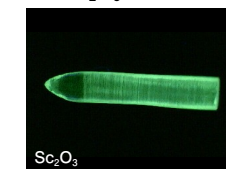


赤外線集中加熱の原理



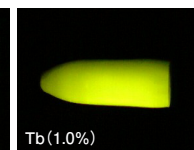
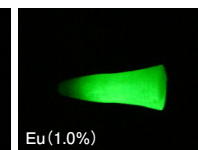
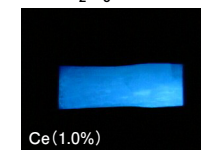
赤外線集中加熱装置

RE-Sc₂O₃ 一光をたくわえる性質(蓄光体)ー



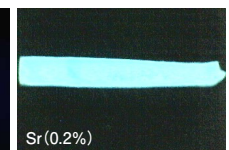
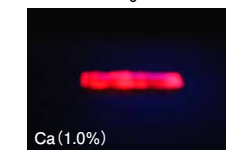
国際特許出願中

RE-Al₂O₃ ー混ざりにくい組合わせー



特許取得済

AE-ReAlO₃ ー光らない元素の組合わせー

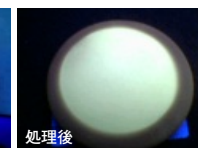


特許取得済

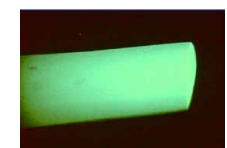
発光性セラミックス・ナノ粒子の研究



処理前
あるオキシドで熱処理すると非発光性のセラミックスが発光ようになる



ある非発光性のオキシドはナノ粒子になると発光する



あるオキシドの組合わせは簡単にそして短時間で発光性のセラミックスとなる

企業等への提案

当研究室の研究は企業との共同研究が基本であり、リスクが高く企業が担当困難な新規材料の探索研究を主に行っています。セラミックスの新しい応用研究・実用化研究について、積極的に協力したいと考えています。

地域に向けてできること

地域の皆様には陶芸や七宝焼を趣味とされている方も多いと思います。陶芸・七宝焼はセラミックスであり、当研究室と無縁ではありません。陶芸・七宝焼などでお困りのことがあれば、お声をおかけください。

※1「オキシド」 発光性や蓄光性などの性質が種類によって異なり、レーザーや光ファイバなどに用いられています。
※2「特許」 発明者に一定期間、一定の条件のもとに特許権という独占的な権利を与えて発明の保護を図る制度。特許庁に出願し、審査を受けます。

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。

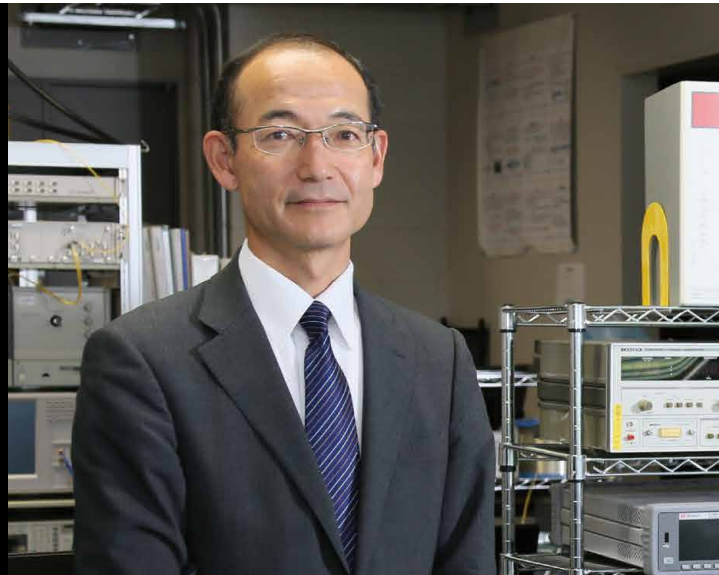
023

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、光通信方式、ブロードバンド・ユビキタスアクセスシステム、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】

現世代～次々世代までそろう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は引けません。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みました。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な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ふ

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」 大事な機能を一つに集め、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・WiFi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。

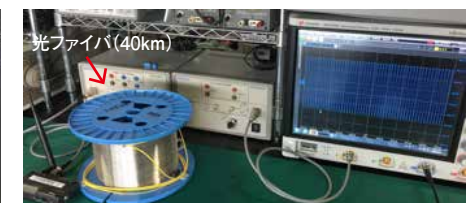
本研究室では、光ファイバと伝送機器を用いて実際に研究室内でモデルネットワークを構築することが可能です。学生たちはそれぞれが新しいサービスを提案して、実際の光ファイバに触れ合いながら実証実験に取り組んでいます。光ファイバを用いた情報通信ネットワークはこれからも進化を続けます。例えば、自動運転補助サービスのような交通管理ネットワークとの融合や、再生可能エネルギー流通サービスのようなエネルギー流通ネットワークとの融合などが挙げられます。このように、本研究を通じて、今後来るべきAI技術などをベースとした知識・情報流通ネットワークの社会基盤の構築に貢献することができます。あなたも、一緒にチャレンジしてみ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



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取して事業・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。