

滋賀県立大学 研究シーズ集 2024 の発刊にあたり

本学は文系から理系まで幅広い学問分野について4学部13学科と全学附属施設等を有し、そこでは約200名の教員が各々の専門分野に取り組んでいます。地域人材の育成や地域課題の解決に向けた取組、産学官連携を強化し、地域貢献のリーディングモデルとなることは本学の目標の一つです。この目標を達成するために、本学産学連携センターは地域と大学を結ぶ窓口として、地域連携や産官学連携の推進のために活動しています。

この研究シーズ集は、教員の研究活動やその成果、研究者が持つ知識や技術をわかりやすく紹介することで、地域や産業界の皆様を知っていただき、広く活用していただくことを目的として、2005年度から発刊しています。

このたび作成した「研究シーズ集 2024」には、2022年版から18名の内容を追加した145名の教員を掲載しています。技術相談や共同研究、受託研究の「シーズ」として、更にはリカレント教育やリスキリングの講師選びや採用活動の資料としてもご利用ください。

本シーズ集が、イノベーションの創出や地域社会の発展に少しでも貢献できれば幸いです。

なお、このシーズ集は当センターのホームページにも掲載いたします。本学の研究シーズに興味を持っていただいた皆様には、お気軽に当センターまでご連絡いただきご相談くださいますよう、お願いいたします。

2024年 8月

公立大学法人滋賀県立大学
産学連携センター長 松岡 純

〈研究シーズ〉 目次

学部学科等	職名	氏名	タイトル	ページ	
材料化学科	教授	仲村 龍介	構造材料および機能性材料における原子拡散およびマイクロ組織制御の研究	34	
	教授 准教授 講師	松岡 純 山田 明寛 西脇 瑞紀	ガラスの融液物性・熱物性と破壊現象の研究	35	
	教授	奥 健夫	次世代太陽電池・光エネルギー材料	36	
	准教授	宮村 弘	新規機能性金属材料の探索と評価	37	
	准教授	秋山 毅	光エネルギー利用の高効率化を目指した機能材料の開発	38	
	講師	阿部 聡子	スピネル型リチウムイオン二次電池正極材料の局所構造制御によるキャリア輸送特性の向上	39	
	講師	鈴木 厚志	次世代型太陽電池の材料設計と開発、第一原理計算によるNMR量子コンピュータの材料設計と物性予測	40	
	教授	徳満 勝久	高分子複合材料の新規機能創成と高付加価値化の研究 (プラチック材料とゴム系材料の新規複合化技術)	41	
	教授	金岡 鐘局	構造の明確な機能性星型ポリマーによる次元制御型環境調和材料の創製	42	
	教授	北村 千寿	多環式芳香族炭化水素の合成と機能評価 ～光・電子・エネルギー材料～	43	
	准教授	竹下 宏樹	多成分多相系高分子材料における構造形成機構	44	
	准教授	谷本 智史	有機/無機複合コアシェル型微粒子材料の創製およびペプチド材料を用いた水中からの金イオン捕集	45	
	准教授	加藤 真一郎	構造的・電子的に新奇な縮合多環共役化合物の開発： 自己集合型エレクトロニクス材料の創製	46	
	講師	木田 拓充	不均一構造を利用した高性能・高機能プラスチックの開発	47	
	講師	伊田 翔平	精密ラジカル重合法を用いた新規高分子材料の創成	48	
	講師	竹原 宗範	生分解性の多機能性ポリマーの微生物による生産および環境負荷物質の微生物酵素による分解	49	
	工学部 機械システム工学科	教授 准教授 講師	山根 浩二 河崎 澄 出島 一仁	バイオマス資源のエンジン用燃料としての有効利用および高効率クリーンエンジンシステムに関する研究	50
		教授	南川 久人	マイクロバルブやマイクロチューブ内流れなど環境やエコ技術に関連する混相流工学の研究	51
		教授	奥村 進	環境配慮型製品設計・メンテナンス・品質設計に関する研究	52
教授		門脇 光輝	透過・屈折を伴う波動伝播に対する数学的散乱理論	53	
教授		呉 志強	数値解析と形状・構造最適設計	54	
教授		片山 仁志	サンプル値制御理論の機械システム制御系設計への応用	55	
教授 准教授		田邊 裕貴 和泉 遊以	「表面処理」と「非破壊検査」を柱とした材料強度研究	56	
准教授		山野 光裕	柔らかい素材を用いたロボットの開発と制御	57	
准教授		橋本 宣慶	バーチャルリアリティを利用した技能の解析と訓練	58	
准教授		安田 孝宏	流体機器の高効率化や流体騒音の低減に関する研究	59	
准教授 講師		大浦 靖典 田中 昂	振動問題の解決と振動を利用した駆動や診断	60	
講師		西岡 靖貴	看護師・介護士・理学療法士を支援する生体計測とソフトメカニズム	61	
電子システム工学科		教授	柳澤 淳一	半導体プロセスを応用した微細加工技術の異分野への展開	62
	教授	岸根 桂路	応用システムとハードウェアの最適融合	63	
	准教授	一宮 正義	半導体超薄膜作製とその超高速非線形光学応答	64	
	准教授	土谷 亮	アナログCMOS集積回路の設計技術と応用技術の研究	65	
	講師	井上 敏之	無線でつながる生体センシングシステムの研究開発	66	
	講師	番 貴彦	脳機能模倣素子など次世代微細素子の開発	67	
	教授	作田 健	磁気信号による微小欠陥・異物検出技術	68	
	教授	坂本 真一	『熱音響』『モーター故障解析』『超音波エレクトロニクス』『エネルギー・環境』に関する研究・開発	69	
	准教授	小林 成貴	原子間力顕微鏡の開発と表面・界面の超高分解能計測	70	
	講師	平山 智士	電磁力を利用した大電力遮断技術の研究	71	
	教授	酒井 道	機能性単位粒子の集合体・ネットワーク構造による高機能発現に関する研究	72	
	教授	砂山 渡	データ分析支援環境の構築による知識創発支援	73	
	准教授	宮城 茂幸	ICT技術を活用した各種産業における課題の可視化とその応用	74	
	准教授	服部 峻	ウェブ知能を活用した時空間情報システムに関する研究	75	
講師	榎本 洸一郎	画像計測システムによる観測技術の確立	76		

構造材料および機能性材料における原子拡散 およびミクロ組織制御の研究

関連するSDGsの国際目標



工学部 材料化学科 教授 仲村 龍介

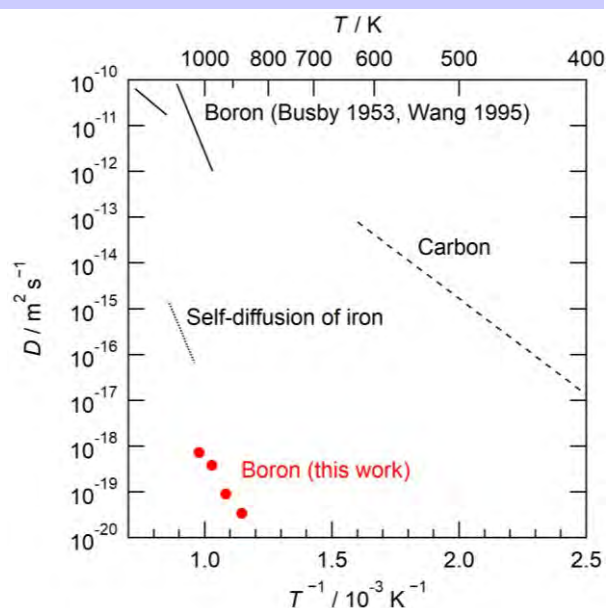
研究分野 : 金属材料

研究室HP : <http://metal1.mat.usp.ac.jp/~metal-labo/>

鉄鋼および機能性金属・酸化物における原子拡散係数を測定して基礎データベースの構築を行い、熱処理や合金設計の指針を得る。また、電子ビームを利用して半導体デバイス薄膜や機能性酸化物薄膜の相転移を促す新しい材料プロセスを開発する。

■鉄中のホウ素の拡散係数の測定

・鉄鋼へホウ素を微量添加すると、焼入れによるマルテンサイト相形成が著しく容易になる。熱処理温度や冷却速度の設計にはホウ素の拡散係数が必要であるが、信頼できる値は測定されていない。我々は二次イオン質量分析法により α 鉄中の微量ホウ素の拡散濃度プロファイルを測定して体拡散係数を決定した(右図、赤のデータ点)。数少ない報告値(右図、黒の実線)よりも7桁から8桁小さいことを明らかにした。鉄中を速く拡散する軽元素の炭素(右図、破線)に比べても圧倒的に遅いという学術的にも興味深い性質が見えてきた。 γ 鉄中の体拡散係数、および α 鉄と γ 鉄中の粒界拡散係数の測定にも着手し、未知のホウ素の振る舞いを解明する研究を行っている。

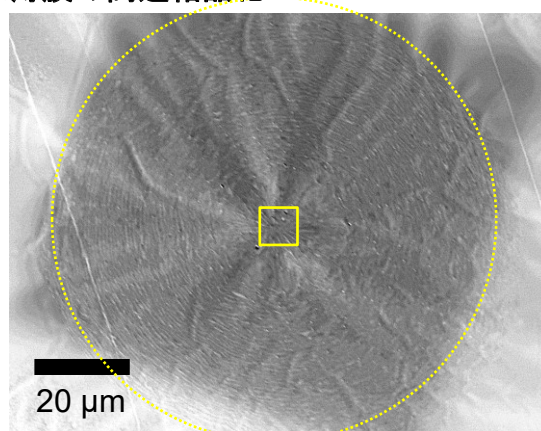


■銀や錫における高速拡散現象の研究

・銀や錫は導電部材の実装材料として重要である。銀中の酸素の粒界拡散、錫中の亜鉛・ニッケル・銅の体拡散および粒界拡散挙動は、材料プロセスや安定性の鍵を握る現象であるが、実態はよくわかっていない。高感度の二次イオン質量分析法によりこれらの拡散挙動を明らかにする研究を行っている。

■弱い電子ビームによるアモルファスゲルマニウム薄膜の高速結晶化

・3 kVの弱い電子ビームをアモルファスゲルマニウム薄膜に照射すると、瞬間的に広い範囲が結晶化することを見出した(右図、黄色の四角の囲いがビーム照射領域、円形の囲いは結晶化の領域。波紋状の特有の結晶組織となる)。室温で起こるこの高速結晶化現象は、非加熱方式で基板へのダメージがない多結晶薄膜作製プロセスに利用できる。この手法を確立して、多結晶膜の電気特性の評価を行い、フラットパネルディスプレイ材料としての適用可能性を探索する研究を行っている。



<特許・共同研究等の状況>

・2022年度 奨学寄附金 1件, 共同研究 1件

ガラスの融液物性・熱物性と破壊現象の研究

工学部 材料化学科¹・ガラス工学研究センター²

教授 松岡 純 准教授 山田 明寛 講師 西脇 瑞紀

研究分野：無機材料

http://www.mat.usp.ac.jp/ceramics/index_j.html (1)

<http://www.mat.usp.ac.jp/CGST/pukiwiki/index.php> (2)

関連するSDGsの国際目標

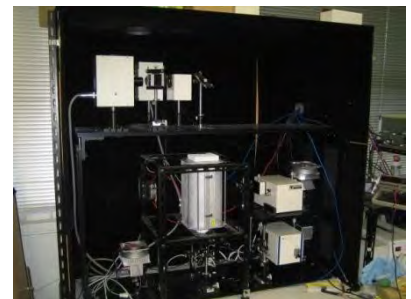


ガラス融液の種々の物性、ガラス固体の熱物性・破壊挙動について、原子・分子レベルの構造の観点から研究を行っている。

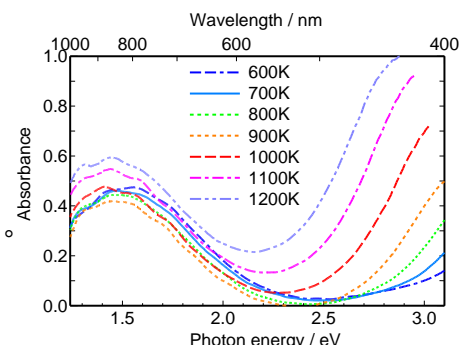
■ガラス融液に関する種々の物性とガラス固体の熱物性に関する研究

ガラスの製造は高温での原料の熔融を経て行われる。また、平面ディスプレイパネルや積層電子部品などの成形は、ガラスが流動性を持った、これも「融けた」状態での工程である。つまり、ガラスの高温で融けた状態（融液）の物性はそれら高温プロセスの最適化に必要な不可欠である。また、低温（固体状態でのガラス）の熱物性は、物理的なモデルの構築が高温域に比べると比較的容易であり、高温物性を予測・解釈する上での基礎的知見として役立つ。

本研究室では、室温以下から 1800 K までの広い温度範囲で、様々な物性の測定方法の開発とその組成依存性・同位体比依存性を調べている。具体的には、融液状態では酸化還元特性・比熱・粘性・放射熱伝達特性（光吸収特性）・密度・水の挙動について、また室温付近以下では熱伝導率や比熱についての研究に取り組んでいる。



高温融液用分光光度計



0.5 CuO · 25 Na₂O · 75 SiO₂ ガラス融液の光吸収スペクトル

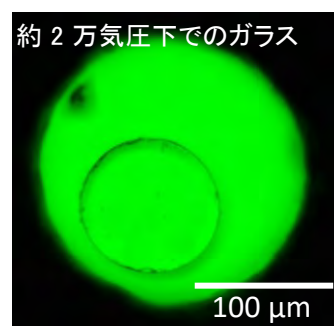
■ガラスの変形・破壊現象に関する研究

ガラスの4大特徴は透明であること・様々なイオンを溶かし込めること・様々な形に成形しやすいこと・もろく壊れやすいことである。このうち、最初の三つはガラスの長所であるが、短所である壊れやすさ（脆性）の克服も、実用材料としてのガラスにとって大きな課題である。

近年、情報電子機器へのガラスの使用が急増し、従来と異なる組成のガラスを使用することになったため、ガラスの破壊特性について従来の経験則が役立たなくなっている。そこで、ガラスの構造と変形・破壊現象の関係に改めて着目し、ガラスの疲労破壊・押し込み変形・本質強度に関する研究に取り組んでいる。



2点曲げ強度試験のためのガラスファイバー作製装置



約2万気圧下でのガラス
ガラスの圧縮率測定

<特許・共同研究等の状況>

公的機関、業界団体、ガラスメーカー、電機・電子メーカーなどと、共同研究や受託研究の実績がある。

次世代太陽電池・光エネルギー材料



工学部 材料化学科 教授 奥 健夫

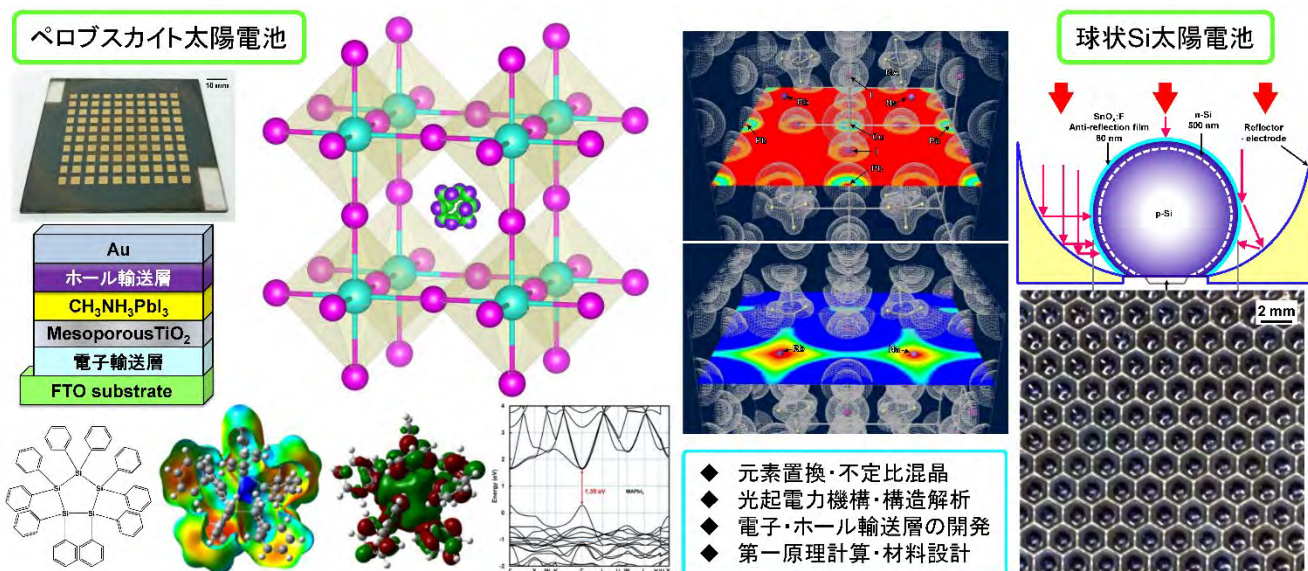
研究分野：エネルギー環境材料

研究室HP <http://www.mat.usp.ac.jp/energy/index.html>

「エネルギー環境材料」分野のキーワードは、「光・エネルギー・量子情報」です。原子配列が調和した機能物質の設計・合成・評価・応用を通じ、自然環境・人類社会へ貢献していきます。具体的には、次世代ペロブスカイト太陽電池材料や量子情報材料の研究開発、高分解能電子顕微鏡による原子配列に関する研究などを行っています。

■環境調和型次世代太陽電池

従来のシリコン系太陽電池に代わる、軽量・フレキシブル化可能な環境調和型次世代太陽電池の研究開発を実施しています。デバイス高信頼性を目指すと同時に、その発電機構・電気伝導機構を量子化学的手法を用いて明らかにしていきます。具体的には、ペロブスカイト型化合物、有機系半導体（ポリシラン・フタロシアニン・フラーレン等）、無機半導体（Si・TiO₂・ZnO・Cu₂O）や量子ドットなどの新しいナノ構造を用いて、高効率・低コスト・自然環境にやさしい新規太陽電池デバイス材料の研究開発を推進しています。また、電子顕微鏡・X線回折及び第一原理計算等により、ナノ構造物質の原子配列・バンド構造・電子状態等を解明し、新規材料開発に貢献しています。



<特許・共同研究等の状況>

太陽電池材料等に関して、企業様との共同研究も実施させていただき（ポリシラン・TiO₂、フタロシアニン系材料のペロブスカイト太陽電池への応用、球状シリコン太陽電池など）特許出願等も行っていきます。

新規機能性金属材料の探索と評価

関連するSDGsの国際目標



工学部 材料化学科 准教授 宮村 弘

研究分野 : 金属間化合物、表面処理

<https://metal1.mat.usp.ac.jp/~metallic-materials/member/>

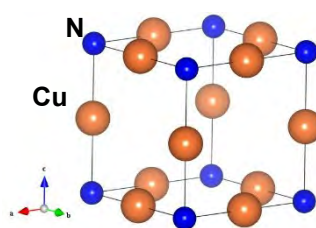
概要 : ①金属材料の表面処理

②新規水素吸蔵合金の探索とその評価

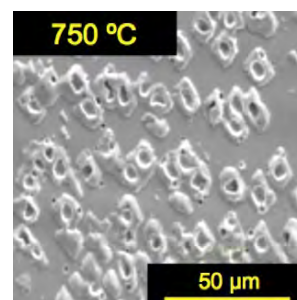
■ 金属材料の表面処理

金属または合金の物理的・化学的特性は、焼入れに代表される熱加工処理に加えて、窒素や炭素等の軽元素を拡散処理することによって変化する。この拡散処理には種々の方法があるが、直流グロー放電によるプラズマや、アンモニア処理を用いて効率的におこなう事ができ、銅合金を中心に、機能性窒化物、窒素の拡散機構の解明を目指して研究を進めている。

銅と窒素の化合物である Cu_3N は右図(a)のような構造を有する立方晶で、新規半導体として有望である。これは比較的不安定であるため合成し難く、アンモニアガスによる窒化処理が有望である。右図(b)は、ガス窒化によって銅板上に生成した Cu_3N 結晶である。現在、窒化物の生成量を増加させる方法を検討中である。



図(a) Cu_3N の結晶構造



図(b) アンモニア窒化処理によって銅板上に生成した Cu_3N 粒子

■ 新規金属系水素吸蔵材料探索とその評価

水素吸蔵合金は、クリーンなエネルギー源である水素を効率的に貯蔵でき、ニッケル水素化物電池の電極として実用化されている。今後は水素自動車への応用等も考えられているが、その実用化のためにはさらなる小型軽量化が必要であり、高压タンクとの併用による「ハイブリッド貯蔵タンク」が有望視されている。当研究室では、従来の合金とは異なる結晶構造を有する高压用貯蔵材料の探索を行っており、特に鉄-ニオブや鉄-ジルコニウム系を中心として吸蔵能評価・研究を進めている。また、鉄-ニオブ系 σ 相合金は、従来から用いられている CaCu_5 型合金やラーベス相合金とは異なった特徴的な結晶構造を持ち、電気化学的な水素吸蔵が可能であることが判明した。この合金は、従来のものよりも高い圧力で動作することが判っており、元素置換によって、吸蔵量の拡大や解離圧の調整を試み、実用化への検討を行なっている。

光エネルギー利用の高効率化を目指した機能材料の開発

関連するSDGsの国際目標



工学部 材料化学科 准教授 秋山 毅

研究分野：エネルギー環境材料

<http://www.mat.usp.ac.jp/~akiyama.t/>

(1) フラーレン類の化学修飾に基づく集合体形成、(2) 金属ナノ粒子・ナノ構造の設計と作製、(3) 電解重合法による導電性高分子の生成、(4) ゼル-ゲル法による酸化物超薄膜の作製、に関連する技術を礎とした光電変換素子・太陽電池の開発を進めている。関連分野として、表面増強ラマン分光や蛍光増強基板などへの応用展開についても研究を展開している。

■有機電子材料としてのフラーレン集合体の開発

フラーレン類は電子受容性やn型半導体特性を備えており、有機電子材料として期待されている。フラーレン類がアミン類と容易に付加することを利用して、フラーレン集合体の開発を進めてきた。これまでに、光電変換素子や有機薄膜太陽電池への適用が可能であることを実証済みである。

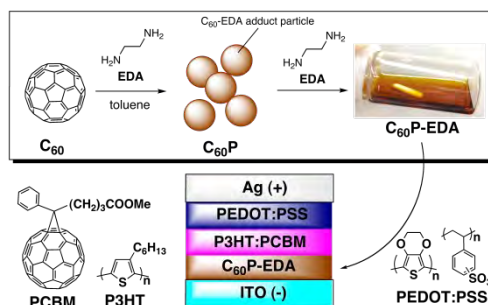


図1 フラーレン-ジアミン付加体をバッファ層に用いた有機薄膜太陽電池

■金属ナノ粒子による有機薄膜太陽電池の高効率化

金や銀などのナノ粒子に光を照射する時に生じる局在表面プラズモンは、光エネルギーをナノ空間に濃縮する材料として注目されている。これらのナノ粒子を用いて、有機薄膜太陽電池の高効率化を達成し、基礎および応用の両面から、研究展開を進めている。これらの研究から得た知見を基に、ナノ粒子とゼル-ゲル反応の組み合わせによる蛍光・ラマン散乱分析の高感度化についての応用も進めている。

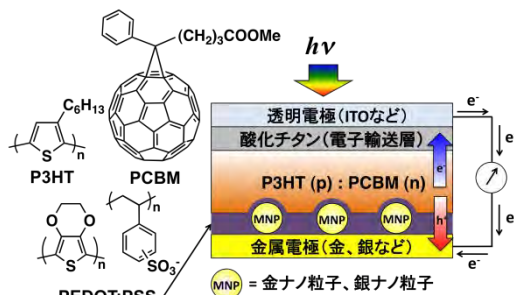


図2 金属ナノ粒子を組み込んだ有機薄膜太陽電池

■電解重合法を用いた導電性高分子膜の作製と光電変換への応用

電解重合法によって製膜した導電性高分子膜は溶媒に溶けにくく、膜厚の制御が容易であるという特徴を備えている。これらの特徴を活用して、導電性高分子と光機能分子の複合化を行い、光電変換素子や太陽電池への応用が可能であることを実証した。現在、より詳細な構造と物性の相関について検討を進めている。

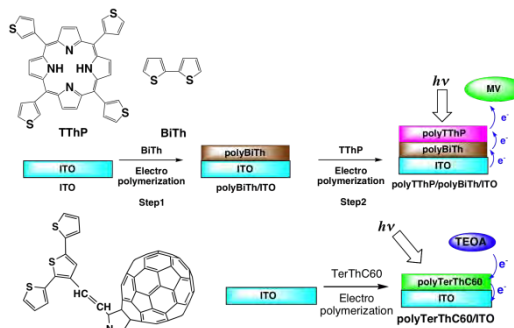


図3 電解重合法によるポリチオフェン-光機能分子複合膜を用いた光電変換

<特許・共同研究等の状況>

これまでに10件以上の特許出願に発明者として寄与してきた。また、産学連携や公的研究機関との共同研究の経験がある。

スピネル型リチウムイオン二次電池正極材料の局所構造制御によるキャリア輸送特性の向上

関連するSDGsの国際目標



工学部 材料化学科 講師 阿部 聡子

研究分野 : 固体物理学、電子・熱物性、回折結晶学

研究室HP : <http://metal1.mat.usp.ac.jp/~metallic-materials/>

リチウムイオン二次電池の正極材料であるスピネル型リチウム遷移金属酸化物の輸送特性と結晶構造に関する研究を行っている。キャリア輸送を担う因子の解明と元素置換による局所構造制御によりキャリア輸送特性の向上を目指している。

■元素置換したスピネル型LiMn₂O₄の輸送特性評価

スピネル型LiMn₂O₄は高エネルギー密度と高出力、安全性を兼ね備えており、Ni置換したLiMn_{1.5}Ni_{0.5}O₄は5V級の作動電圧を有し、車載用次世代正極材料の最有力候補となっている。高電力供給の実現には、充放電レート的高速化が必要不可欠であり、55°C以上の高温域において高いイオン伝導性と電子伝導性を兼ね備えた材料が要求されている。

LiMn₂O₄の伝導機構は、スモールポーラロンによるホッピング伝導である。キャリアが格子変位を伴って移動するため、移動度は数十cm²/Vs程度と非常に遅い。また、理論計算では、スモールポーラロンの移動に連動してLiイオンの拡散が生じることが示唆されている。このような従来の半導体におけるバンド伝導とは異なるLiMn₂O₄の伝導機構の理解は、キャリア輸送特性向上への指針得るために重要である。

輸送特性として、室温より高い温度域における電気伝導率とゼーベック係数の測定を行っている。熱活性化エネルギーやスモールポーラロンのホッピングエネルギー、キャリア濃度などのスモールポーロン伝導に関するパラメータの導出により、スモールポーロン伝導に対する理解を深め、伝導機構に対する元素置換効果の解明を試みている。(図2、図3。Ga置換したLiMn₂O₄の輸送特性評価)

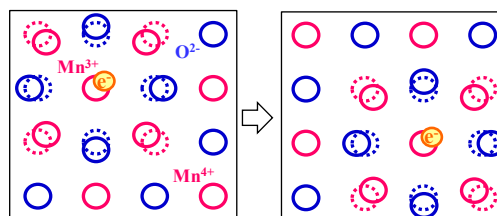


図1. 電子フォノン相互作用によって生成されたスモールポーラロンのホッピング伝導

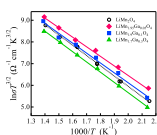


図2. 電気伝導率

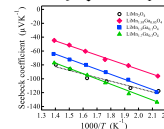


図3. ゼーベック係数

■粉末X線回折を用いた結晶構造解析

スモールポーラロンは格子変位と相互作用しているため、格子変位の変化に敏感である。元素置換によって格子変位を緩和もしくは導入を行うと、輸送特性は大きく変化する。MnO₆八面体とLiO₄四面体から構成されているスピネル型構造においては、MnO₆八面体が輸送特性の鍵を握っている。元素置換によってMnO₆八面体の格子歪がどのように変化するかを、粉末X線回折データをリートベルト法による精密構造解析から明らかにしている。そして、キャリア輸送特性向上を目指した元素置換による局所構造制御を試みている。

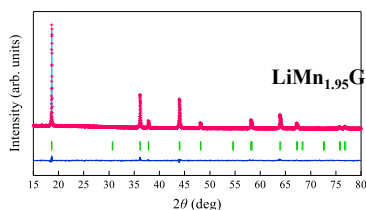


図4. 粉末X線回折のリートベルト解析

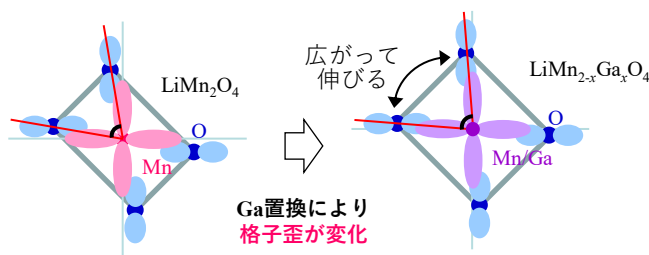


図5. MnO₆八面体のxy平面図

次世代型太陽電池の材料設計と開発、第一原理計算によるNMR量子コンピューターの材料設計と物性予測

関連するSDGsの国際目標



工学部 材料化学科 講師 鈴木 厚志

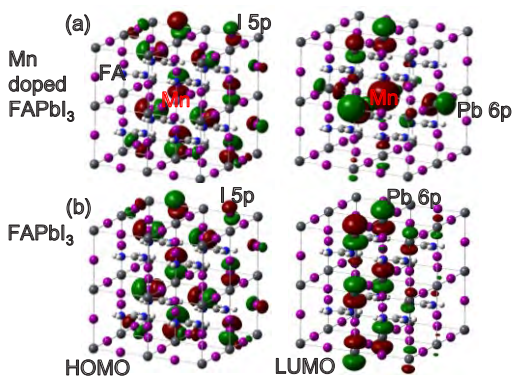
研究分野：ペロブスカイト太陽電池、量子コンピューター

研究室HP：<http://www.mat.usp.ac.jp/energy/hp>

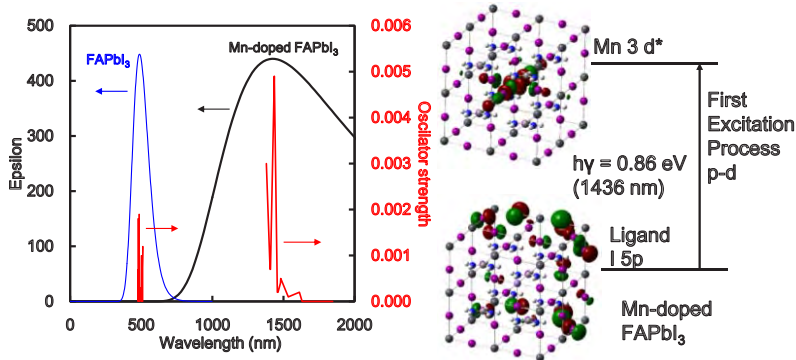
概要：次世代型太陽電池の材料設計と開発を行い、光起電力機構を明らかにしながら変換効率の向上を行っています。第一原理計算によるNMR量子コンピューターの材料設計を行い、量子ビットの大規模化、重ね合わせ状態を予測しながら量子計算の高速化を目指しています。

■ 次世代型太陽電池の材料設計と開発

次世代型太陽電池であるペロブスカイト系太陽電池の材料設計と開発を行い、変換効率の向上を行っています。フタロシアニン錯体のホール輸送特性の検討、表面形態、結晶性、光起電力特性などを明らかにしながら変換効率の向上を試みています。第一原理計算による材料設計と電子構造解析を行っています。



第一原理計算による電子構造の予測と光起電力機構の解明

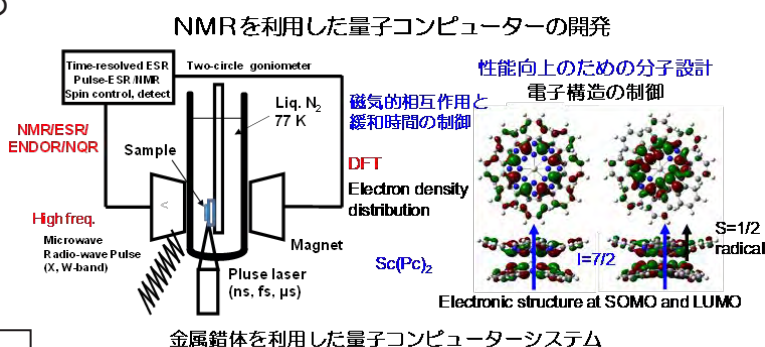


遷移金属導入系ペロブスカイト結晶の励起過程と吸収特性

■ 第一原理計算による量子コンピューターの材料設計と物性予測

第一原理計算によるNMR量子コンピューターの材料設計とともに量子ビットの大規模化、量子のもつれ、重ね合わせの予測を行いながら室温下の量子計算の高速化を目指しています。

金属内包フラーレンや金属錯体などの固体中の核スピンのスピン間相互作用を光照射による操作により量子ビットの重ね合わせ状態やコヒーレンス時間を制御することができます。



金属錯体を利用した量子コンピューターシステム

想定される応用技術分野

1. 高性能太陽電池、半導体材料
2. 金属内包フラーレン、金属錯体を利用した量子コンピューター、スピントロニクス材料
3. 情報科学、第一原理計算

期待されるビジネスイメージ

1. 次世代型高性能太陽電池の開発
2. 軽量化、フレキシブルな太陽電池の開発
3. 大規模量子コンピューターの開発、量子計算

<特許・共同研究等の状況>

「太陽電池およびその太陽電池の製造方法」特開2019-145621
「量子コンピューター」特願2012-200123

高分子複合材料の新規機能創成と高付加価値化の研究 (プラスチック材料とゴム系材料の新規複合化技術)

関連するSDGsの国際目標



工学部 材料化学科 教授 徳満 勝久

研究分野：有機複合材料

☞ https://www.mat.usp.ac.jp/polymer-composite/index_j.html

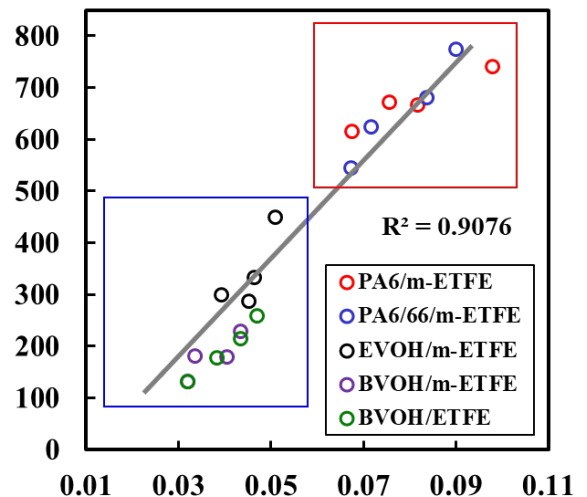
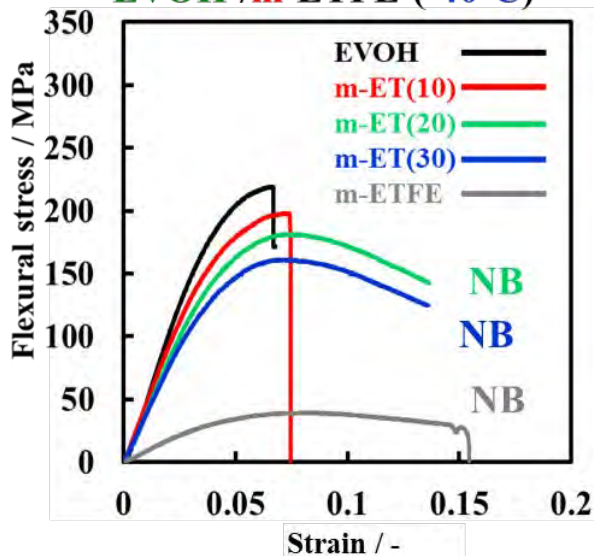
工
学
部

高圧水素タンク用ライナー材料の基礎研究や、廃プラのマテリアルリサイクル技術の研究などを国家プロジェクトに参画し、また新たな材料開発の新たな“種”となる新規物質についての研究を幅広く実施している。

■高圧水素タンク用ライナー材料開発に資する基礎研究 (NEDO国家プロジェクト)

- ・当研究室では、九州大学・量子科学研究機構と共同で、来たるべき水素社会に向けた「高圧水素タンク用ライナー材料」に資する基礎研究を実施している。特に低温力学物性と水素侵入量の改善に向けた物性改質技術に関する研究を行っている。特に、自由体積の直接測定を ^{22}Na を用いて実施できる技術は本学の特長の一つである。

EVOH /m-ETFE (-40°C)

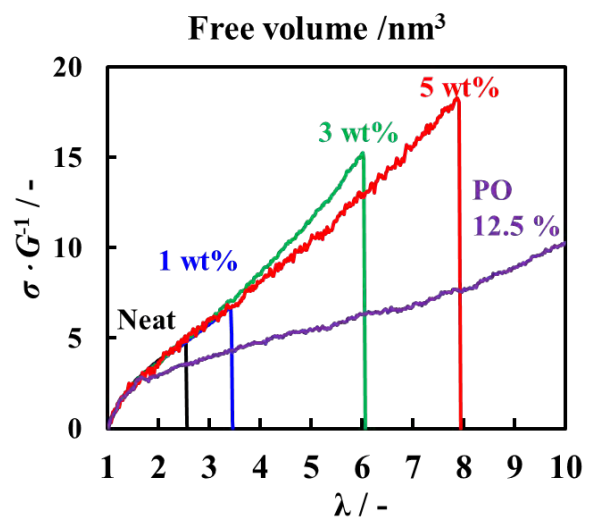


■ポリシラン添加によるシリコンゴム改質技術の研究

- ・シリコンゴムは低温および高温下での熱安定性に優れ、耐薬品性さらには生体適合性も良いことから身近な日用品から高度な医療用途まで幅広く用いられている。特に最近、3Dプリンターを利用した複雑な形状なシリコンゴムも調製出来るようになり、当研究室ではシリコンゴムにポリシラン添加をすることにより、その柔軟性を自由に調整できる技術を開発した。今後は、手術対象者の年齢や性別等に応じた柔軟性や剛直性を有する術前トレーニング用の人工臓器や人工血管の製造などに利用されることが期待されている。

■その他

- ・上記以外にもプラスチックの劣化に関する研究やマテリアルリサイクル技術等についても研究を行っている。



<受託・共同研究等の状況>

- ・ 2023年度 受託研究 4件 (NEDO 2件、JST 1件)、共同研究 5件 (企業3件、滋賀県2件)
- ・ 奨励寄付 2件、その他技術指導等 3件

構造の明確な機能性星型ポリマーによる 次元制御型環境調和材料の創製

関連するSDGsの国際目標

9

産業と技術革新の
基盤をつくらう



12

つくる責任
つかう責任



工学部 材料化学科 教授 金岡 鐘局

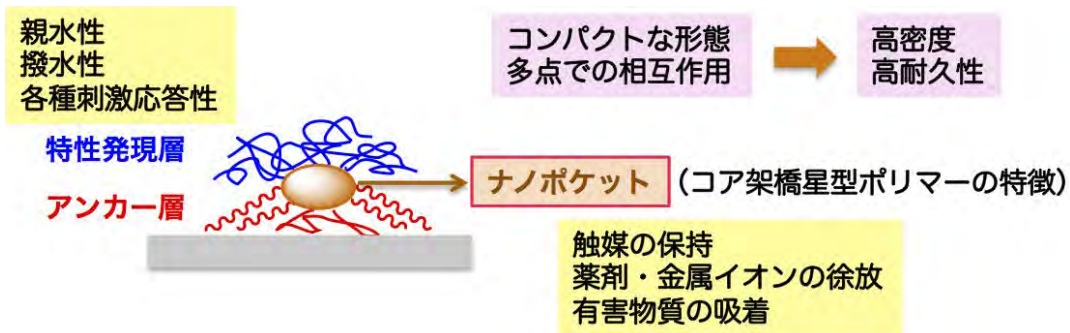
研究分野 : 高分子精密合成、高分子機能

<http://www.mat.usp.ac.jp/polymer-chemistry/>

特殊構造を有する新規機能性星型ポリマーを精密合成し、生成ポリマーを二次元、三次元で規則的に配列させた新しいタイプの次元制御型材料の開発を目指している。とくに、分子内部に特異な空間をもつ星型ポリマーからは、鎖状ポリマーとは異なるナノ階層構造材料が得られると期待される。

■高効率かつ耐久性のある材料表面修飾

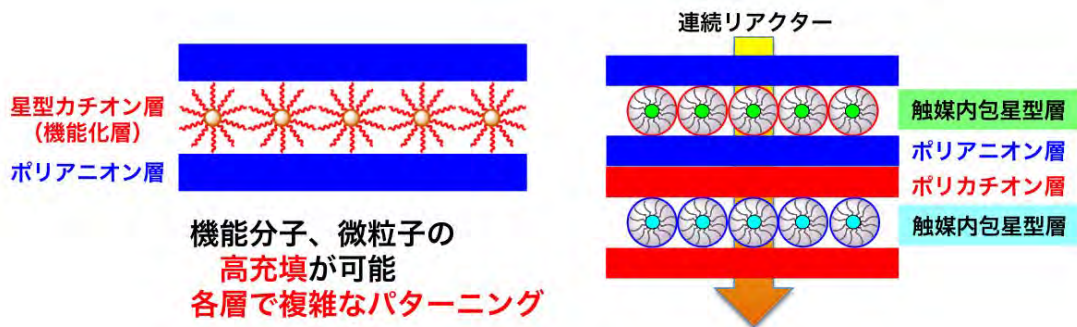
材料表面をポリマーで高密度に修飾するには、grafting-from法が有効であるが、その手法はやや複雑である。コンパクトな形態で多数の枝をもつ星型ポリマーを用いれば、単に表面に吸着させる手法で、多点相互作用により高効率で種々の無機または有機材料の修飾が可能になると期待される。また、星型ポリマーのマイクロゲルコアにさまざまな物質を保持することにより、簡便な方法での機能化が可能となる。



■規則的に配置された機能空間をもつゲルまたは交互積層フィルムの創製

星型ポリマーを網目構造からなるゲルの架橋点として用いれば、制御重合により得た鎖状ポリマーの両末端と化学結合または強く相互作用させることで、網目構造が制御され、かつ機能空間からなる架橋点を有する新規機能性ゲルが生成すると考えられる。

交互積層フィルムの機能化には、ある層への機能分子（ナノ微粒子、触媒、たんぱくなど）の高充填が課題となっている。コンパクトで球状に近い形態をもち、かつ枝鎖のからみ合いが可能な星型ポリマーを用いれば、機能分子を高密度で充填したサイズの明確な機能層の構築が期待できる。このことが可能になると、たとえば、異なる触媒粒子を含む連続リアクターフィルムの創製が期待される。



多環式芳香族炭化水素の合成と機能評価 ～光・電子・エネルギー材料～

関連するSDGsの国際目標



工学部 材料化学科 教授 北村 千寿

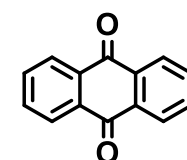
研究分野：有機合成化学、構造有機化学

工
学
部

有機合成を駆使して、ベンゼン環が縮環した新しい分子の合成を行っています。色素・発光材料・有機半導体の開発、X線回折を利用した分子構造解析、分子軌道計算を用いた物性調査などの研究を行っています。

■アントラキノン色素の開発

アントラキノンとは古くから染料の基本骨格として用いられてきた。アントラキノンにアルコキシ基を導入すると、導入位置や置換基の長さによって分子配列が変化し、同じ材料でも色の異なる色素を作り出すことができることを見つけた(図1)。この現象の理論的な解明を行うため、新しい誘導体の開発と構造物性相関について研究を進めている。また、ユニークな分子の積層構造の展開を図っている。



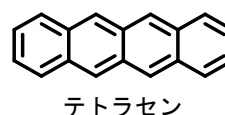
アントラキノン



図1 同一の物質が色の異なる固体状態をとる様子

■多環式芳香族炭化水素分子の開発

これまでのエレクトロニクス材料の主役は無機半導体であった。現在、有機分子からなる有機半導体に関心が集まっている。この理由として、有機分子が示す多くの特性が有機合成の手法を用いて巧みに制御できることがあげられる。多環式芳香族炭化水素分子の一つであるテトラセンは有機半導体として重要な骨格と位置付けられている。アルキル側鎖をもつテトラセンを系統的に合成し、アルキル側鎖は有機溶媒の可溶性を向上させるだけでなく、分子配列の変化を生じ、電荷の移動度・発光特性(図2)・色調(図3)も変化させることを発見してきた。



テトラセン

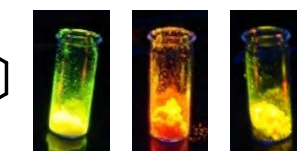


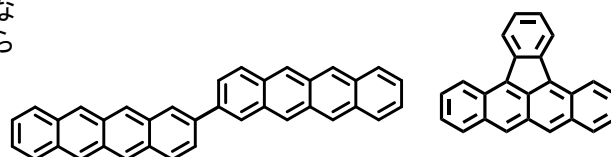
図2 固体状態の蛍光特性

最近では、テトラセン二量体やインデノテトラセン(図4)を合成し、これらの分子の薄膜がp型の半導体特性を有することを明らかにした。

また、インデノテトラセン誘導体の拡張分子を合成する方法を開発し、インデノテトラセンを核にもつ様々な誘導体に展開を行っている。インデノテトラセンにさらに縮環を行った分子は、テトラセンの欠点である光照射時の空気中の酸素による酸化の耐性を有することを見出した。現在、縮環位置の異なる誘導体の合成に取り組んでいる。



図3 色調の変化



テトラセン二量体

インデノテトラセン

図4 最近合成したテトラセン誘導体

<特許・共同研究等の状況>

企業・大学等との共同研究を実施し、特許出願も行っています。

多成分多相系高分子材料における構造形成機構

関連するSDGsの国際目標



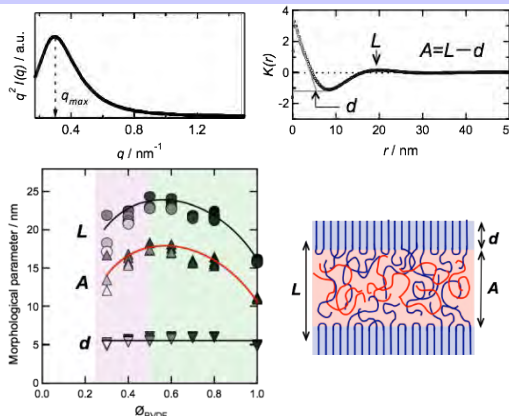
工学部 材料化学科 准教授 竹下 宏樹

研究分野 : 高分子構造、高分子物性

結晶化や液晶化の成分を含む高分子混合系（高分子多成分多相系材料、ポリマーアロイ）におけるナノ～ミクロンにわたる構造形成機構の解明とそれに基づく構造制御に関する研究を行っている。これら幅広い空間スケールにわたる構造の解析技術を有する。

■高分子多成分多相系の構造形成

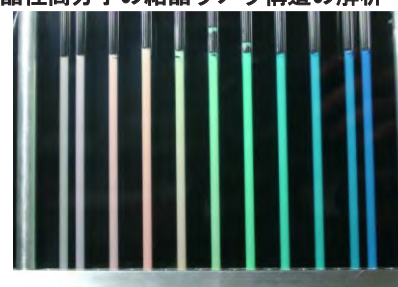
結晶性成分や液晶性成分を含む高分子混合系材料中には、成分間相分離や結晶化・液晶化が複合した構造が形成される。材料の高性能化を目指した材料設計のためには、これら構造の形成機構の解明が不可欠である。我々は、結晶性高分子、液晶性高分子、非晶性高分子、低分子液晶等を含むモデル系において、複数の相転移現象の複合による構造形成の機構解明を目指した研究を行っている。



結晶性/非晶性高分子の結晶ラメラ構造の解析

■高分子マイクロゲルのコロイド結晶化機構

粒径の揃った粒子分散系は、系中の粒子体積濃度増加や脱塩による粒子間反発力の増大によりコロイド結晶と呼ばれる規則的配列構造を形成する。一方、高分子ゲルは、温度等の条件を変えることにより体積を大きく変化しうることの特徴とする。本研究室では、光の波長程度の粒径を有する高分子マイクロゲル球の水分散系において、温度変化に起因する粒径変化によるコロイド結晶化に関する研究を行っている。格子面間隔が光の波長程度であるため、コロイド結晶は美しい構造色を見せる。



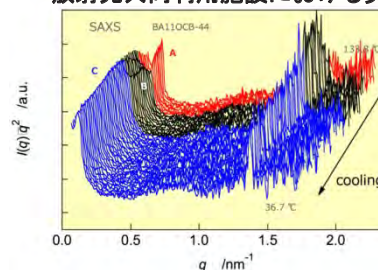
マイクロゲルコロイド結晶が見せる構造色

■各種散乱法による構造解析技術

結晶化や液晶化をともなう高分子多成分多相系材料中に生じる構造には、数オングストロームの結晶格子構造から数mmにも及ぶ球晶構造までが存在する。これら構造の形成機構の解明のためには、非常に幅広い空間スケールにこれら構造の形成過程をリアルタイムでかつ非破壊で観察する必要がある。我々は、様々な顕微鏡観察や各種散乱法を相補的に利用することにより、研究を行っている。特に、超強力なX線源として放射光を利用した実験に力を入れ、結晶化や液晶化の過程をミリ秒単位で解析している。



放射光共同利用施設における実験



液晶性ポリマーアロイの冷却過程における構造解析実験の例

有機/無機複合コアシェル型微粒子材料の創製およびペプチド材料を用いた水中からの金イオン捕集

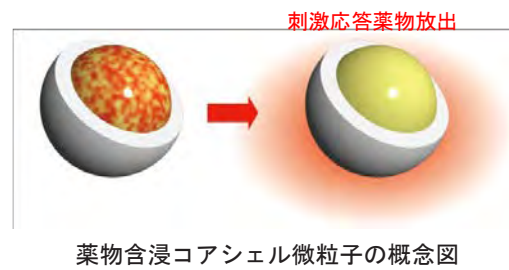


工学部 材料化学科 准教授 谷本 智史
 研究分野：微粒子、有機無機ハイブリッド、環境調和材料
 研究室HP：www.mat.usp.ac.jp/polymer-chemistry/

ペプチドや多糖などの天然由来高分子を機能材料として捉え、その機能を利用した環境調和型材料を開発している。特にバイオミネラリゼーションと呼ばれる生物の無機鉱化作用を利用した手法によって作製したコアシェル型微粒子は新規マイクロカプセル材料としての応用を期待されている。

■有機・無機コアシェル型複合微粒子材料の創製と薬物内包材料としての検討

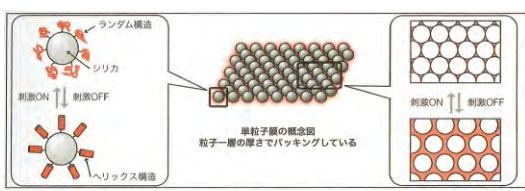
蟹などの甲羅を形成している天然多糖であるキトサンは環境調和型材料として注目されている。本研究ではキトサンを微粒子化し、その外側を炭酸カルシウムなどの無機物でコーティングしたコアシェル型複合微粒子を開発している。コアとなるキトサン微粒子にモデル薬物をあらかじめ含浸させておき、その表面をコーティングしたものからの薬物徐放特性を評価する。本研究の微粒子材料はすべての構成成分が生分解性であることから、生体材料分野・環境分野において利用可能な薬物担持材料としての可能性を秘めている。



薬物含浸コアシェル微粒子の概念図

■刺激応答性有機・無機ハイブリッドシリカ微粒子材料の創製に関する研究

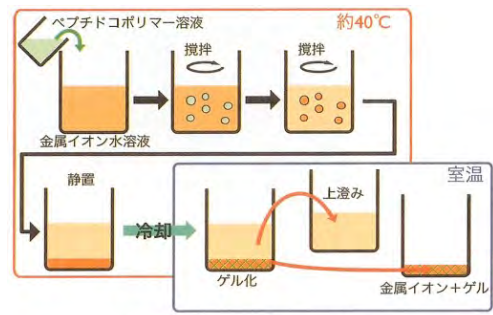
コロイダルシリカ微粒子は様々な表面改質剤としての利用がおこなわれているが、近年は分散液中での自発的構造形成能を利用した次世代の光学素子としての可能性で注目されている。しかし現状では、物理的強度の確保と外部刺激にตอบสนองして変化する構造・物性の両立が課題となっている。そこでシリカ微粒子の表面にペプチド等の刺激応答性高分子を結合させた新規機能性微粒子材料の開発に取り組み、刺激応答型気体・液体分離膜や外部環境にตอบสนองする表面改質剤等への応用を計画している。また、近年はカラム充填剤としての応用も検討している。



ペプチド修飾シリカ微粒子薄膜の刺激応答パッキング変化

■ペプチド材料を用いた水中からの金属イオンの捕集に関する研究

ペプチドを両端に結合させたポリエチレングリコール(ペプチドコポリマー)を合成し、それを用いた工場排水からの貴金属イオン回収プロセスを開発している。ペプチドコポリマーの溶液が金イオンに対して特異的な選択性を示すとともに室温付近での温度の上下によってゾルゲル転移を起こすことを利用して、水に溶けている金イオンをゲル化して回収する。具体的には濃度50ppmの金イオン水溶液に適用した結果ほぼ100%の金イオンを水系から捕集すること、サブppmのオーダーの水溶液に適用できること、また複数の金属イオンの混合水溶液に対しては金イオンのみを選択的に回収することを確認している。



ペプチドコポリマーゲルメソッドによる水中金属イオン捕集

構造的・電子的に新奇な縮合多環共役化合物の開発： 自己集合型エレクトロニクス材料の創製

関連するSDGsの国際目標

9

産業と技術革新の基盤をつくろう



7

エネルギーをみんなに
そしてクリーンに



工学部 材料化学科 准教授 加藤 真一郎

研究分野：構造有機化学、超分子化学、物理有機化学

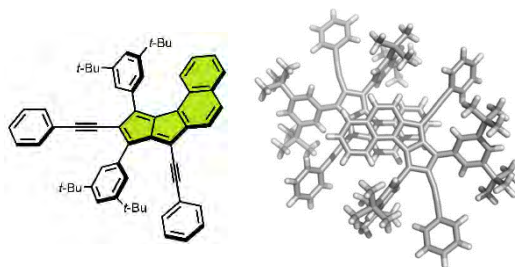
<https://shin-ichiro.weebly.com/>

反芳香環、環状アルキン、複素芳香環を構造的・電子的モチーフとして、拡張した π 共役平面を有する化合物を合成し、その特異な電子状態と自己集合特性に基づくエレクトロニクス材料への応用を目指している。力量ある有機合成と精緻な物性評価を通じた構造-物性相関の解明/確立により、新規材料開発の指針を提供する。

■ 安定な反芳香族縮合多環化合物の開発

反芳香族化合物は優れた電子供与性と受容性を兼ね備えており、エレクトロニクス材料になり得る潜在性を秘めている化合物だが、その低い安定性ゆえに材料開発への展開が阻まれていた。

独自の分子設計と合成手法により、安定な反芳香族縮合多環化合物を創製することに成功した。系統的な合成と物性評価を通して、適切な化学修飾により反芳香族性、電子授受特性、そして光吸収特性の制御が可能であることを見出している。

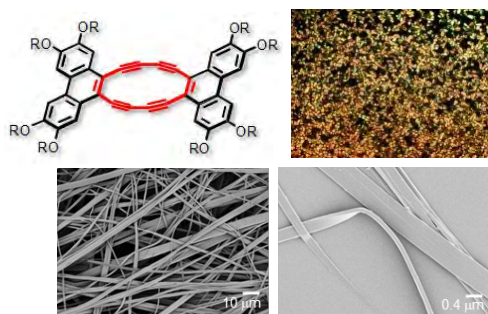


安定な反芳香族化合物と、その分子配列

■ 縮合多環芳香環が融着した環状アルキンの開発

ナノメートルスケールの分子サイズをもつ環状アルキンは、光電子機能を有する2次元共役化合物として注目を集め、その物質開拓が望まれている。

環状アルキンに縮合多環芳香環を融着させた化合物を合成し、それぞれの構造的・電子的特徴を相乗的に反映した物性を示す化合物の合成を行っている。具体的には、液晶性を示したり、マイクロメートルスケールの1次元ファイバーを形成したりする化合物の合成に成功している。

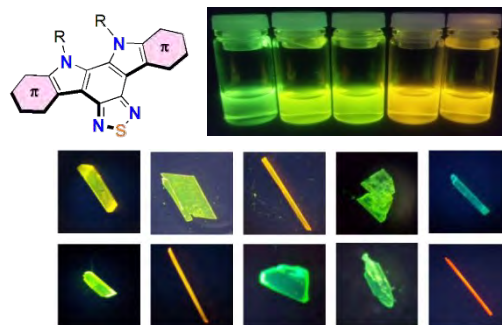


複屈折（液晶性）と1次元ファイバー

■ 電子供与性部位と求引性部位を併せ持つ複素芳香環の開発

電子供与性部位と求引性部位を連結し、分極した電子状態を有する化合物は、小さなHOMO-LUMOギャップを有し、またしばしば強い蛍光発光特性を示すため、機能性色素として重要な化合物群である。

電子供与性部位と求引性部位を“縮合”した、従来とは異なる複素芳香環を開発し、半導体材料や固体発光材料へと展開している。例えば、一つの化合物から複数の結晶が得られ、それらの結晶が分子配列に応じて異なる蛍光色を示す現象などを見出している。



溶液及び個体状態における発光挙動

<特許・共同研究等の状況>

国内の複数の大学・研究機関と、物性・材料評価に関して共同研究を遂行している。

不均一構造を利用した 高性能・高機能プラスチックの開発

関連するSDGsの国際目標



工学部 ガラス工学研究センター（材料化学科 兼務）

講師 木田 拓充

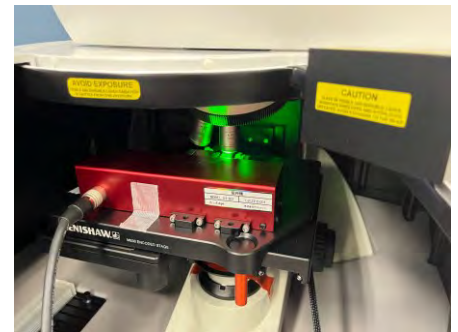
研究分野：高分子物性、高分子構造、分光測定

研究室HP：<http://polym-phys.com/kida/index.html>

プラスチック材料が有する複雑な内部構造（結晶度・結晶サイズ・タイ分子率など）を正確に評価し、力学物性の発現メカニズム解明や高機能プラスチックの開発を行っている。特に、分光測定を用いた構造解析を得意としている。

■ラマン分光法を用いたプラスチックの構造解析

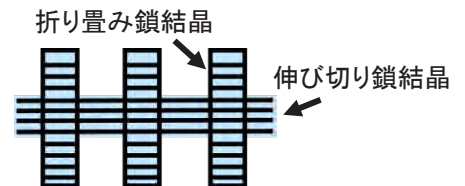
ポリエチレン(PE)などの結晶性プラスチックは内部に結晶と非晶が混在した非常に複雑な内部構造を有している。そのため、プラスチックの力学物性を制御するためには、材料の変形過程における内部構造変化を直接観察することが必要不可欠となる。我々は、ラマン分光装置内に小型の引張試験機や温度制御ステージを組み込むことで、プラスチックの変形過程・結晶化過程で生じる分子鎖レベルの構造変化（結晶度の変化、結晶の配向、結晶構造転移など）を直接観察することに成功した。この方法を用いることで、プラスチックの強度や延伸性を向上させるために必要な結晶構造の条件を解明することに成功しており、今後はより高韌化（高いタフネス）したプラスチックの開発に取り組む予定である。



顕微ラマン分光装置を用いた引張試験過程のin situラマン分光測定。

■流動結晶化挙動の解析（成形加工過程の結晶化）

プラスチックは成形加工過程において、熔融状態で強い流動を印加された状態で結晶化するため、最終的に分子鎖が流動方向へと高度に配向・伸長した配向結晶が得られる（右図参照）。配向結晶が形成すると、流動方向への弾性率や強度が著しく向上することから、配向結晶を効率的に形成する手法の開発が求められている。我々の研究室では、顕微鏡や赤外・ラマン分光法、X線散乱測定などさまざまな測定手法を駆使して流動結晶化挙動を多角的に観察し、流動結晶化のメカニズム解明に取り組んでいる。将来的には、配向結晶の形成を自在に制御し、効率的に高弾性率・高強度な材料を得る指針が得られると期待される。



高弾性率・高強度の起源

■プラスチックの劣化挙動の解明



近年、プラスチックの劣化に伴う物性低下は社会的にも大きな問題となっており、プラスチックの劣化挙動を明らかにすることは重要な課題といえる。我々は近年、プラスチックの分子量分布を制御することで劣化による物性低下を抑えることが可能であることを見出し、分子量分布の最適化による劣化抑制技術の開発に取り組んでいる。本研究課題はJST さきがけに採択されて実施している。



紫外線による劣化の様子

<特許・共同研究等の状況>

- ・2023年度 共同研究 3件（いずれも企業）
- ・2024年度 共同研究 5件（予定、いずれも企業）*共同研究は随時お待ちしております。

精密ラジカル重合法を用いた新規高分子材料の創成

関連するSDGsの国際目



工学部 材料化学科 講師 伊田 翔平

研究分野：高分子合成、ゲル、機能性高分子

研究室HP：<https://sites.google.com/view/idashohei/home>

精密ラジカル重合法を用い、様々な構造を有する高分子を精密に合成し、その機能発現について研究を進めています。特に高分子の三次元架橋体であるゲルに注目し、合成化学に立脚した新規機能性材料の開発に取り組んでいます。

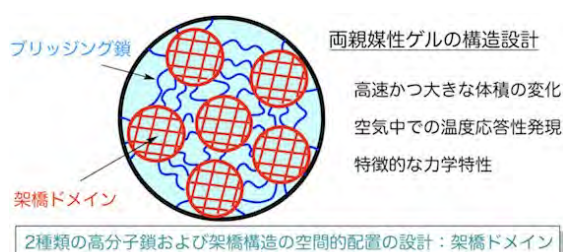
■精密重合による高分子ゲル材料の構造設計

高分子の三次元網目の内部に水などの流体を多量に抱えた構造を持つ高分子ゲルは、さまざまな応用が期待される材料であり、多くの研究が展開されています。しかし、構造の複雑さゆえに合成化学を基盤とした研究はあまり進んでいません。私たちのグループでは、精密重合化学を基盤として、ゲルの網目構造を精密設計するとともに、得られるゲルの機能創出に関する研究を進めています。また、ゲルに限らず精密重合法を用いたさまざまな高分子合成および機能評価についてご相談に応じることが可能です。



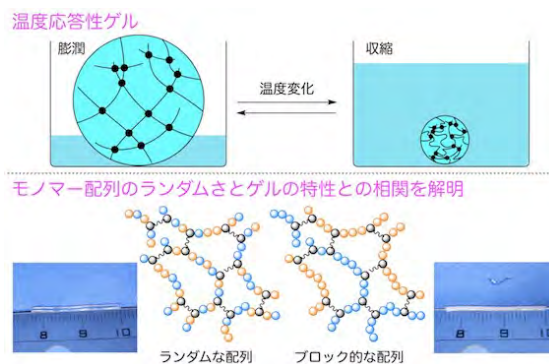
■架橋ドメイン構造を設計した新規両親媒性ゲル

2種類の高分子を組み合わせてできる両親媒性ゲルは、それぞれの高分子鎖に基づく複合的な性質を発現する魅力的な材料です。両親媒性ゲルの機能化には、それぞれの高分子鎖に加えて、ゲルの重要な構成要素である架橋構造の空間的配置を効果的に設計することが重要です。私たちは一方の高分子鎖にのみ架橋構造を導入した「架橋ドメイン構造」を持つゲルが水中では特徴的な膨潤挙動、空気下では熱応答強靭化特性を示すことを明らかにしています。さらに、無機化合物の導入を含め、さまざまな架橋ドメイン構造を設計した新規機能性ゲルの開発を進めています。



■モノマー配列を意識したゲルの設計

水中で温度変化に対して可逆的に体積を変化させる温度応答性ゲルは、外部の環境変化を材料自身が認識して作動する「スマート材料」として注目されています。私たちは、単独では応答性を示さないモノマーについて、特定の2種類組み合わせさせたときに応答性を発現することを見出しています。また、それらの配列（並べ方）を変化させると大きく性質が変化することも明らかにしています。このようなゲル中のモノマー構造や配列の違いが物性に与える影響を詳細に調べ、新たな材料設計の指針の確立を目指しています。



生分解性の多機能性ポリマーの微生物による生産 および環境負荷物質の微生物酵素による分解



工学部 材料化学科 講師 竹原 宗範

研究分野 : 有機環境材料

研究室HP : http://www.mat.usp.ac.jp/environ-materials/index_j.html

酵素およびそれらを生産する微生物のはたらきにより、機能性の新規ポリマー（ポリペプチド）の生産と機能評価を行っている。これらポリペプチドは生分解性に優れ、多様な機能性を有する。また、微生物由来の加水分解酵素を用いた穏和な条件下での環境負荷物質の分解を目指し、その反応機構の解明や酵素の機能改変を行っている。

■生分解性の多機能性ポリペプチドの微生物による生産とその機能解析

塩基性アミノ酸である L-リシンを唯一の構成単位とするポリペプチドのポリ-ε-リジン（ε-PL：図1）は、いくつかの土壤放線菌により分泌生産される。ε-PLは水溶液中でポリカチオンとなり抗菌活性を示す。これまで、工業的に発酵生産されたε-PLは天然由来の食品保存剤として利用されている。本研究では、新たなカチオン性ポリペプチドの探索と機能評価に取り組むとともに、これらペプチドの抗菌作用機構の解明を目指している。

これまで、L-ジアミノ酪酸や L-ジアミノプロピオン酸を構成アミノ酸とするポリペプチドを発見した（γ-PABおよび PAP：図1）。これらはいずれも抗細菌・抗酵母活性を有し、さらに、微粒子に対し分散活性を示した。ε-PLは酵母菌の細胞壁合成に関わる情報伝達系の秩序を見出す働きがあることがわかってきた。

■環境負荷物質の微生物酵素による分解：加水分解反応機構の解明と機能改変

可塑剤として用いられる芳香族カルボン酸エステルやその廃棄物は環境負荷物質とみなされるが、これらを加水分解する酵素に関する知見は少なく、その分解反応機構も解明されていない。

そこで本研究では、テレフタル酸ジエチル（DET）を加水分解できるエステラーゼの生産細菌を土壌より分離し、その菌体からDET分解酵素を精製、機能解析を行った。本酵素は種々の芳香族カルボン酸エステルを高効率で分解することがわかった。またこの酵素の三次元構造（図2）や加水分解反応機構を提案してきた。

さらに、本酵素に変異を導入することで、本来の反応性とは異なる性質が付与された改変酵素を作成し、その機能および構造の解析を行っている。

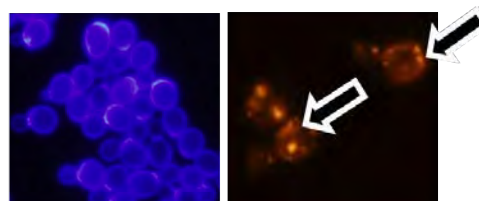
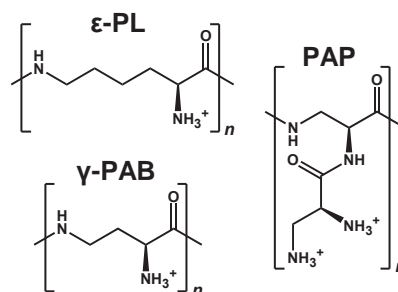


図1. カチオン性ポリペプチド(上)が示す抗菌作用: 酵母菌の細胞壁合成に関わる情報伝達系の秩序を乱す(下)

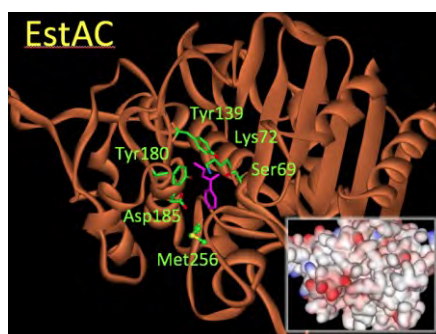


図2. 新奇な芳香族カルボン酸エステル加水分解酵素の推定三次元構造

<特許・共同研究等の状況>

特開2006-299013（ポリ-γ-L-ジアミノ酪酸及びその塩）、特開2006-296305（低中重合度ε-ポリ-L-リジンを生産する菌株及びそれを用いた低中重合度ε-ポリ-L-リジンの製造方法）、特開2015-051930（リコピンのシス異性化方法）など

バイオマス資源のエンジン用燃料としての有効利用 および高効率クリーンエンジンシステムに関する研究

関連するSDGsの国際目標



工学部 機械システム工学科 教授 山根 浩二 准教授 河崎 澄
講師 出島 一仁

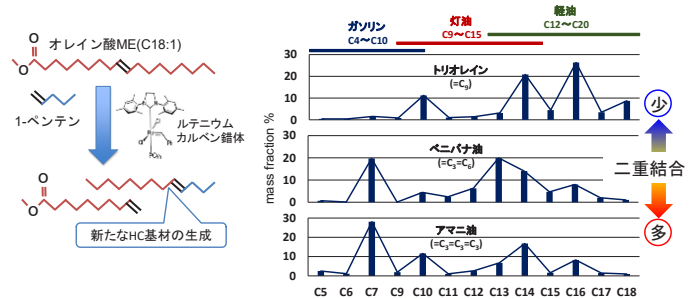
研究分野：エネルギーと動力

<http://www.mech.usp.ac.jp/~prw/index.html>

動植物油脂を原料にエステル交換反応によって得られるバイオディーゼル燃料の製造・品質・エンジン性能等に関する研究、クロスメタセシス反応による新規なバイオ燃料基材の生成法、エンジン排気からのCO₂分離回収技術、ディーゼル噴射弁のオンボード検査法、CT技術を応用した管内温度分布計測技術に関する研究、MEMSセンサを用いた乱流燃焼伝熱に関する研究を主なテーマとしている。

■ 植物油の交差メタセシス変換による炭化水素燃料基材の選択的生成に関する研究

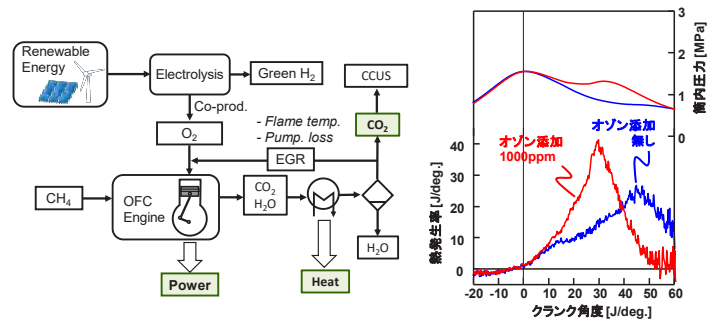
植物油を原料として、カーボンニュートラルな炭化水素燃料基材を選択的に生成する方法について研究を行っている。ルテニウム系触媒を用いた、植物油とオレフィンのクロスメタセシス反応によって、使用目的に応じた蒸留性状を有する炭化水素燃料基材を、自在に生成する技術の確立を目指している。



種々の脂肪酸からの炭化水素燃料基材の選択的生成

■ カーボンニュートラルに資するエンジンシステムの研究

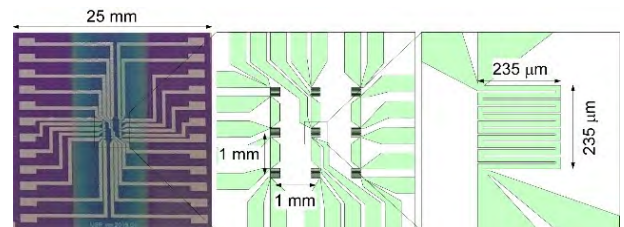
カーボンニュートラルに資するエンジンシステム技術として、燃料の観点から ①天然ガス機関への水素混焼によるGHG排出削減に関する研究などを行っている。さらに、エンジンから排出されるCO₂を地下貯留する、あるいは化学合成によって再資源化する（CCUS）ことを念頭に、②水素製造時の副生酸素等を利用した酸素燃焼によりCO₂のみを排出するエンジン燃焼法に関する研究、③振動計測に基づくディーゼル燃料噴射弁のオンボード検査法の研究などを行っている。



グリーン水素製造時の副生酸素を利用する酸素燃焼エンジンシステム

■ 乱流燃焼伝熱に関する研究

高効率なエネルギー機器の実現へ向けて、火炎と壁面の間で生じる熱伝達に関する研究を行っている。微細加工技術の一つであるMEMS（Micro-Electro-Mechanical Systems）技術を用いて微細な温度・熱流束センサを独自開発し、実験的に燃焼伝熱機構の解明に取り組んでいる。さらに、得られた熱流束波形に基づく流動推定や、燃焼反応を捉えるイオン電流センサの開発にも取り組み、火炎挙動と熱輸送の関係性に踏み込んだ調査を行っている。



MEMS技術によって製作した微細な温度センサ

特許・共同研究等の状況：バイオディーゼル燃料用酸化防止剤及びバイオディーゼル燃料（特許出願番号：2010-133165）、バイオディーゼル燃料に関する受託および共同研究、技術コンサルティング多数

マイクロバブルやマイクロチューブ内流れなど 環境やエコ技術に関連する混相流工学の研究

関連するSDGsの国際目標

9

産業と技術革新の
基盤をつくろう



6

安全な水とトイレ
を世界中に



工学部 機械システム工学科 教授 南川 久人

研究分野：流体工学、混相流工学、気泡工学

☒ <http://cont4.mech.usp.ac.jp/>

マイクロバブルの発生装置およびその特性について研究しています。さまざまな分野で注目されながら、他方ではその特徴が発揮されない場合も多く、その原因を追究しています。さらにマイクロチューブ内の流れや気泡運動に及ぼす壁面や液相の影響などの基礎的事項も調べています。

■マイクロバブルの生成と利用に関する研究

微細な気泡(マイクロバブル)は近年急激に注目をあびるようになり、気泡発生と利用の技術がめざましく発展した。気泡径を小さくしていくと単に小さな気泡となるだけでなく、それまでは考えられなかったようなメリット、例としては生物への生理活性効果・流体摩擦低減効果・反応促進効果・水質浄化効果等がある。

そこで、マイクロバブルを効率よく生成させる装置や方法を開発するとともに、液中への気体の溶解促進効果の確認・びわ湖等の深度をもった大規模水域の水質浄化の基礎研究、管内乱流の摩擦抵抗低減にマイクロバブルを利用する方法についての研究、更にわれわれの生活の中にマイクロバブルを取り入れて生活をより豊かにする研究にも取り組んでいる。



加圧溶解法により生じたマイクロバブル

■超音波流速分布計による管内気液二相スラグ流の測定法の確立に関する研究

超音波流速分布計(UVP)は、流体とともに移動する小さな粒子の速度を計ることができ、1回の超音波パルス発信でその線上の速度分布を一気に測定できる利点がある。

管内を液体と気体が同時に流れる気液二相流は種々の工業配管系で煩雑に出現することから、UVPを利用する単一大気泡周囲の流れ場を測定する方法を確立し、気泡の形態・管の内径・液体の粘性等の影響を検証している。

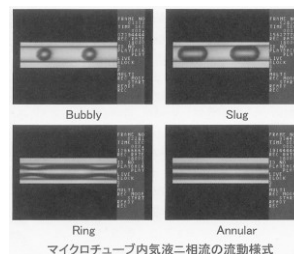
更に、今後UVPで流速計測を行うことが重要な計測手法の一つになるものと予測され、その計測方法の改良・新たな測定対象を目指して研究を進めている。また、マイクロバブルを超音波反射体として利用するための検討も行っている。

■マイクロチューブ内流れに関する研究

近年、MEMSや電子機器冷却・微量化学分析等 様々な工学的応用の可能性から、微細な管内を流動する流れは大きな関心を集めている。

微細な管内を流動する気液二相流は、通常管に比べて表面張力の影響が極めて大きいため、その流れは大きく異なる。

内径75 μm ~250 μm のマイクロチューブに気液二相流を流動させ、顕微鏡と高速度ビデオ装置の観察に加えて、ボイド率と圧力降下の測定を行い、その特性を研究している。



<特許・共同研究等の状況>

マイクロバブルによる水質浄化システムの関する公開特許1件、真空エジェクタに関する共同研究1件、送風機騒音に関する共同研究1件進行中。

環境配慮型製品設計・メンテナンス・品質設計に関する研究

関連するSDGsの国際目標



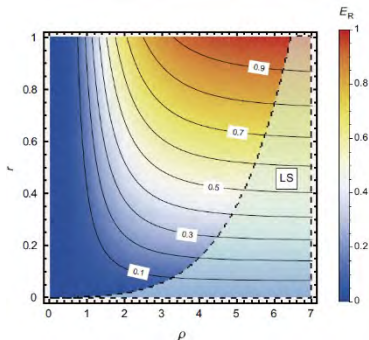
工学部 機械システム工学科 教授 奥村 進

研究分野：ライフサイクルエンジニアリング、メンテナンスマネジメント、品質設計

工業製品の開発・設計・製造・使用・廃棄にわたる一連のフローにおいて、環境の負荷を低下させることは大事で、そのための設計法、およびそれに関連するメンテナンス・品質設計に関する研究を行っている。

■ 環境配慮型製品設計に関する研究

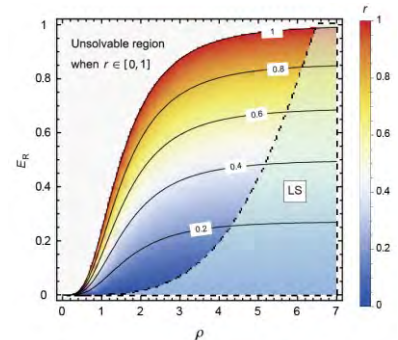
使用済みの工業製品からリユース可能な部品を取り出し、それを新規に製造する工業製品に組み込む生産方式（リマニュファクチャリング、再製造）は、すべての部品を新規に製造して組み込む生産方式よりも環境負荷の低減が期待できる。本研究では、リユース部品の物理寿命分布、エンドオブライフオプション、メンテナンス、およびライフサイクルコストの多元最適化を実施している。この研究によって環境配慮型製品の設計に関する新規的な指針を得ることができ、環境負荷のさらなる低減が期待される。



リユース部品の物理寿命と使用済み製品の回収率が与えられたときのリユース効率の計算結果

■ メンテナンスマネジメントの研究

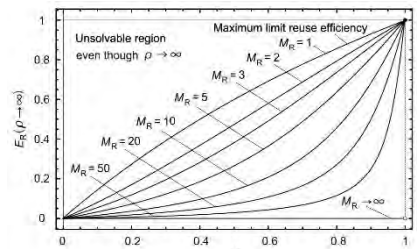
過大なメンテナンスは費用の上昇を招き、過小なメンテナンスは装置の信頼性低下や不良品が発生し、損失コストの上昇につながる。これらを防ぐべく、最適なメンテナンス時期、方法を決定する研究を行っている。



リユース部品の物理寿命とリユース効率が与えられたときの使用済み製品の回収率の計算結果

■ 品質設計の研究

田口メソッドの現場への応用と、同方法を発展させた手法の研究を行っている。部品・製品の品質劣化モデルの推定、最適な試験方法、および設計時に確保すべき品質基準を決定している。



使用済み製品の回収率とリユース部品のリユース回数がリユース効率に及ぼす影響

■ 生産システムの運用の研究

様々な不確定事象の発生によって生産システムが期待通りに運用できないことがある。生産システムに冗長性を持たせておけば不確定事象が発生してもある程度吸収できる可能性がある。本研究では、witnessを用いたシミュレーション手法によって、よりよい生産システムの運用を研究している。

■ 画像・音響処理技術の研究

音の信号処理・解析技術の研究を行っている。例えば、音源から演奏の特徴を捉えたMIDI信号を取得し、実楽器による再生が可能になる。また、工場での検査画像の判定精度を向上させる研究を行っている。

<特許・共同研究等の状況>

共同研究の実績：メンテナンスマネジメント・品質設計・製造工程の最適化・GIS (地理情報システム)

透過・屈折を伴う波動伝播に対する数学的散乱理論

関連するSDGsの国際目標



工学部 機械システム工学科 教授 門脇 光輝
研究分野 : 数学、特に解析学

概要：透過・屈折を伴う波動伝播に対する数学的散乱理論を主な研究テーマとしている。数学的散乱理論とは、原子や障害物などの散乱体に向けて電子や音波を入射したときに散乱体によって発生する球面波(散乱波)の様子から散乱体の特性などを研究する物理学における散乱理論の数学的定式化である。

■透過・屈折を伴う波動伝播に対する散乱理論

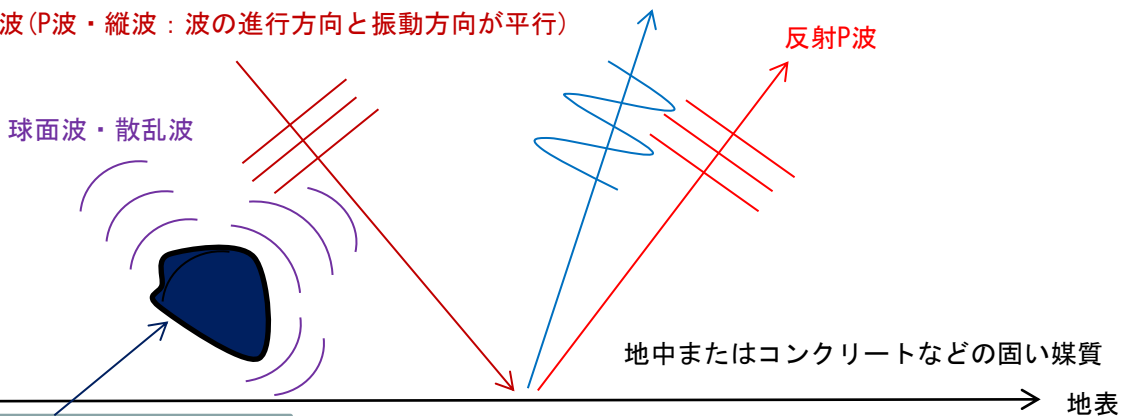
単一媒質が占め、かつ境界のない無限領域(全空間)に散乱体を仮定した問題(量子力学におけるポテンシャル散乱や音波による物体散乱)に対する数学的散乱理論では多くの優れた研究成果がある。これは数学的に完成度が高いフーリエ解析(正確にはフーリエ積分)が適用できることに起因する。フーリエ解析は平面波解析と言ってよく、透過・屈折波が発生しない現象に対しては有効である。しかし、異なる媒質が占める領域または無限境界を持つ領域に散乱体を仮定した問題では、散乱体がない状態でも透過・屈折現象が起こることから通常のフーリエ解析の直接の適用が困難である。そのため、既存のフーリエ解析の見直しが必要とされる。

研究は具体的な波動伝播に対してなされる。その中で二層媒質中の音響波動伝播が最もシンプルなモデルである。これに対して既に研究成果を得ている。具体的には物理学における散乱理論でよく目にする議論、すなわち散乱体に波を入射した際に起こる波動伝播の様子が、入射波とそれに付随する波(層や境界による反射波と透過・屈折波)および散乱体による球面波との重ね合わせによって表現できることの数学的定式化をおこなった。今後は、これまでの研究で得た知見を生かして、さらに幾つかの具体的な波動伝播に対して、それぞれの伝播特性を反映した研究成果をあげることを目指している。その中で、現在、半無限領域(半空間)における弾性波動伝播(地震波)に対する研究に取り組んでいる。この波動伝播は媒質(地中)から境界(地表)へのP(縦)波[S(横)波]入射に対して発生する反射P波と反射S(横)波[反射S波と反射P波]と、これらとは独立して発生する境界(地表)を伝わるR(レイリー)波からなる。なお、以下にイメージで示す境界への入射P波に対する反射S波は、透過・屈折波と同じ性質を持つ(このことは入射S波に対する反射P波に対しても同様である)。研究はP波、S波、R波をある意味一括して扱うことが研究上の肝となる。

本研究は、数値解析によって散乱理論を考察する際の数学的お膳立て・後ろ盾にもなる。ちなみにポテンシャル散乱や物体散乱に対しては、既にこの数学的定式化が行われている。しかし、本研究対象の波動伝播については、工学的な立場では数値解析などで扱われているものの、透過・屈折波の存在により数学的解析は十分ではない状況にある。

反射S波(S波・横波：波の進行方向と振動方向が垂直)

入射P波(P波・縦波：波の進行方向と振動方向が平行)



散乱体：異なる媒質、欠損など

半無限領域で散乱体を仮定した弾性波の伝播のイメージ

数値解析と形状・構造最適設計

関連するSDGsの国際目標



工学部 機械システム工学科 教授 吳 志強

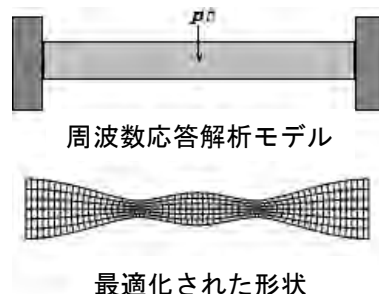
研究分野 : 振動工学、計算工学

研究室HP : <http://www.mech.usp.ac.jp/~hnw/index.html>

機械の高速化や軽量化に伴い、部品・構造の強度や剛性の不足、振動などのさまざまな問題が発生しやすくなっています。このような問題に対処するために、CAEを活用し、数値解析と最適化理論を組み合わせることで、部品・構造の形状最適化を行います。これにより、開発時間の短縮やコストの削減も期待できます。

■振動問題における形状最適設計に関する研究

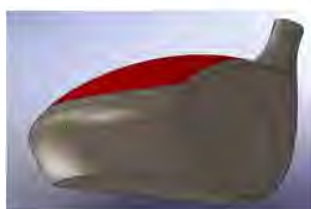
回転や往復運動する機械を設計する際に、共振の回避、振動や騒音レベルの低減が重要な課題です。本研究では実際の振動現象の分析に基づき数値モデルを作成し、数値解析および最適化理論を適用することにより、固有振動数を変更したり、剛性を高める設計を行っています。右の上図は両端固定の梁状平板の中央に周波数350Hzの振動を加えるときの解析モデルです。目的関数を平均コンプライアンス、制約条件を構造の体積として最適化解析を行いました。右の下図は解析結果です。目的関数が約70%減少したことが確認できました。



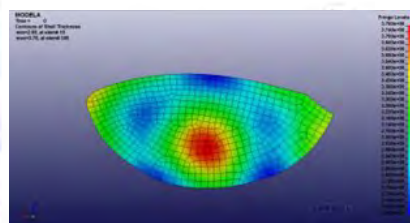
■衝撃問題における形状最適設計に関する研究

ゴルフ、テニスなどの打撃スポーツ用具の設計においては、打撃によって一方から他方へのエネルギーを伝達効率を向上することが主要な目的です。物体の形状は衝突性能に大きく関与するため、スポーツ用具の高性能化を実現するために、衝撃現象における物体の最適形状を見出す手法の研究は重要です。

右図はゴルフクラブの最適設計に関する研究です。クラブの板厚分布、ロフト角および後ろに設置するおもりの重さを設計変数として、反発性能と固有振動数の関係を利用し設計を行いました。結果としてボールの飛距離が従来の設計より伸びました。



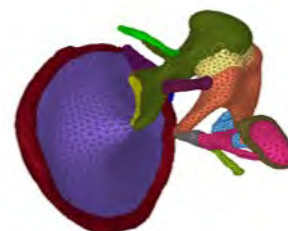
ゴルフクラブのCAD図面



最適化したフェースの板厚分布

■中耳の振動特性の数値解析（鼓膜形成手術の最適化に向けて）

中耳は耳の構造の一部であり、外部から伝わった音の振動を鼓膜でキャッチし、耳小骨で増幅してさらに内側に伝える役割をしています。しかし、事故や病気などにより鼓膜が破れることがあり、場合によっては鼓膜形成手術が必要です。本研究は、最適な手術計画の立案に援用することを目的として、中耳の振動特性の数値解析を行います。まず、有限要素法（FEM）を利用して中耳の数値モデル（右図）を作成し、音が伝わる時の中耳の振動の様子をコンピュータで解析します。そして、作成したモデルを利用して、鼓膜形成手術の際のシミュレーションを行い、手術の最適化を目指します。また、コンピューターシミュレーションは中耳の挙動を可視化できるため、医療現場での教育に役立つと考えています。



中耳の有限要素モデル

サンプル値制御理論の機械システム制御系設計への応用

関連するSDGsの国際目標



工学部 機械システム工学科 教授 片山 仁志

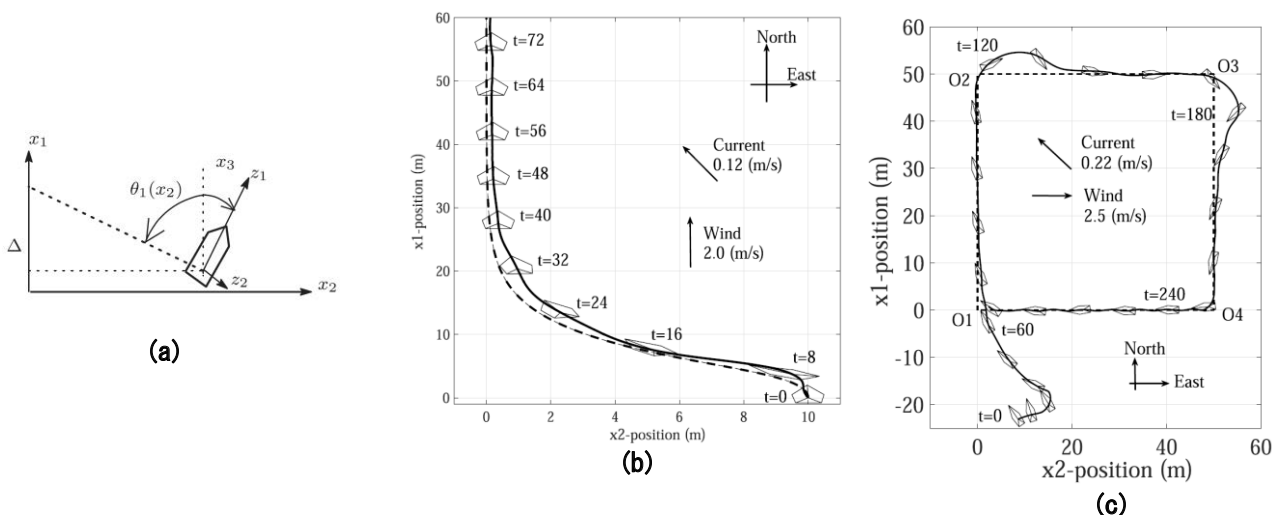
研究分野 : 制御工学、制御理論

研究室HP : <http://www.mech.usp.ac.jp/~maw/index.html>

サンプル値系のロバスト制御・非線形制御理論の移動体の運動制御を含む機械システムのコンピュータ制御系設計への応用を研究開発しています。

■移動体（ボートや車両）の運動制御

非線形サンプル値制御理論を用いた船舶等の移動体の運動制御系の設計法を開発した。下記に、開発した制御系設計法を船舶(a)に適用した実験の(b)直線軌道追従制御、(c)通過点追従制御それぞれの結果を示す。



■移動体のフォーメーション制御

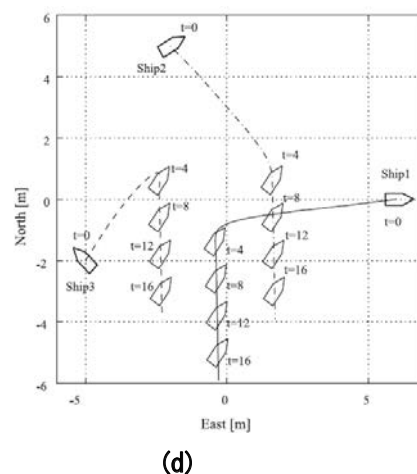
例えば、複数車両の隊列走行(プラトーン)のように、複数の移動体が目標とする配置状態を維持するような運動制御系の設計を考える。

図(d) は3隻の船舶が三角形に配置されるように制御した時のシミュレーション結果である。

また、2輪・4輪の車両型ロボットを使って理論的な実証と現実的な応用を考えている。2輪・4輪型の車両ロボットの様々な制御の実験動画はYouTubeで公開(※)している。

※実験動画はYouTubeで公開中

<https://www.youtube.com/channel/UCkaqL9f5osPsci8SP9zN70Q>



「表面処理」と「非破壊検査」を柱とした材料強度研究

関連するSDGsの国際目標



工学部 機械システム工学科

教授 田邊 裕貴 准教授 和泉 遊以

研究分野：材料強度学，破壊力学，表面処理，非破壊検査

研究室HP： <http://www.mech.usp.ac.jp/~prw/index.html>

高性能で、しかも軽くて壊れにくい機械をつくるための材料に関する研究や、長期にわたって安全に機械を使用するための検査方法に関する研究など、様々な課題に取り組んでいます。最近、特に力を入れているのは、材料の表面を強くするための「表面処理技術」と、材料の表面や内部の目では見えない欠陥を見つけるための「非破壊検査技術」に関する研究です。

■表面処理技術に関する研究

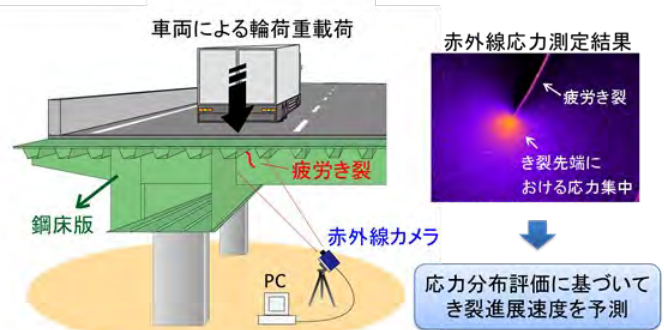
セラミックスコーティングとレーザー熱処理を複合化した新表面改質手法である「成膜後レーザー熱処理法」と本手法による機械要素部品の高機能化、刃先の硬度と刃元のじん性を兼ね備えた極小刃物を作製可能な「レーザー熱処理後刃形創製法」、これまで困難であった複雑形状部品や薄板を対象とした新しいレーザー熱処理法など、省エネルギーで環境にも優しいレーザー熱処理を活用した表面処理技術に関する研究に取り組んでいる。

■非破壊検査技術に関する研究

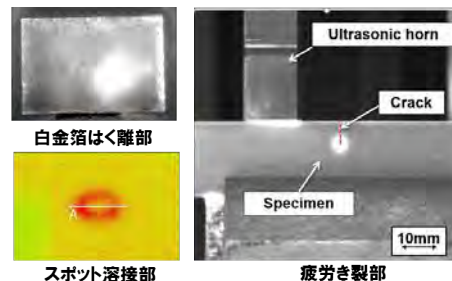
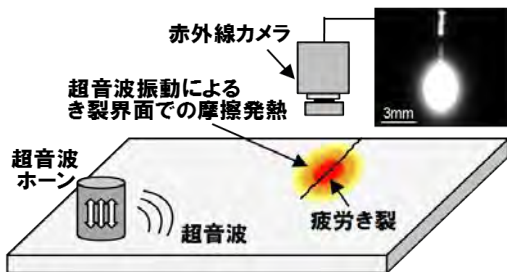
超音波で検査対象を加振することによって発生する欠陥部での摩擦発熱を、赤外線カメラで検知して欠陥を検出する「超音波加振赤外線サーモグラフィ法 (Sonic-IR法)」、熱弾性効果に基づく「赤外線応力測定法」、欠陥部での断熱効果に基づく「温度ギャップ法」など、赤外線を活用した手法を中心に、各種非破壊検査技術に関する研究開発を進めている。検査対象は、小さな機械部品はもちろん、社会問題化している経年構造物の健全性評価を念頭に置いて、長大橋、石油タンクなどの大型構造物も含んでおり、これらの高能率で高精度の検査を目指している。



レーザー熱処理によるセラミックス被覆鋼の高機能化



赤外線応力測定による道路鋼床版のき裂進展予測



超音波加振赤外線サーモグラフィ法 (Sonic-IR法) の概要と検査結果

主な共同研究先：神戸大学、龍谷大学、三菱自動車(株)、富士高周波工業(株)、東邦金属熱錬工業(株)
 保有特許：レーザー熱処理関連「特許第5871230号・特許第5920871号」
 非破壊検査関連「特許第6372818号・特許第6573183号・特許第6573184号」

柔らかい素材を用いたロボットの開発と制御

関連するSDGsの国際目標



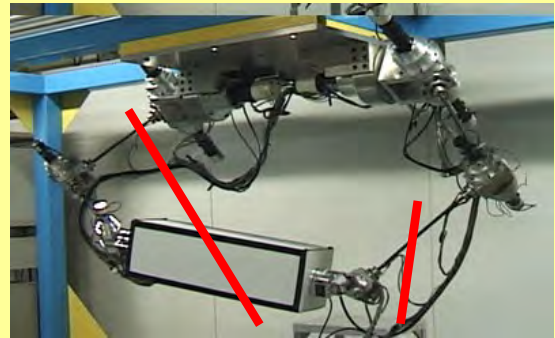
工学部 機械システム工学科 准教授 山野 光裕
研究分野 : ロボット工学、メカトロニクス、機械制御
<http://www.mech.usp.ac.jp/~maw/index.html>

構造部が弾性変形し、振動するロボットアームを制御する技術である。ロボットの構造部の剛性低下を許容すると大幅な軽量化が可能になり、可搬性や人への接触時の安全性が大きく向上する。弾性変形や振動に対応した制御側を適用することにより、軽量なロボットによる種々の作業を実現する。

■ 弾性変形する柔軟なロボットアームの制御

工場の生産ラインでは、構造部の剛性が高いロボットアームがよく使われるのに対し、宇宙用のロボットは剛性よりも軽量化が優先され、振動を抑えながら動かす技術が必要になる。また、人と共存するロボットの場合も、万一の衝突時の安全性向上のため、軽量化や柔軟性向上が望まれる。本研究の技術は、軽量で安全なロボットが弾性変形を考慮しながら、双腕協調により、巧みな作業を行うものである。

柔軟なリンク機構の振動をモータの回転により制御



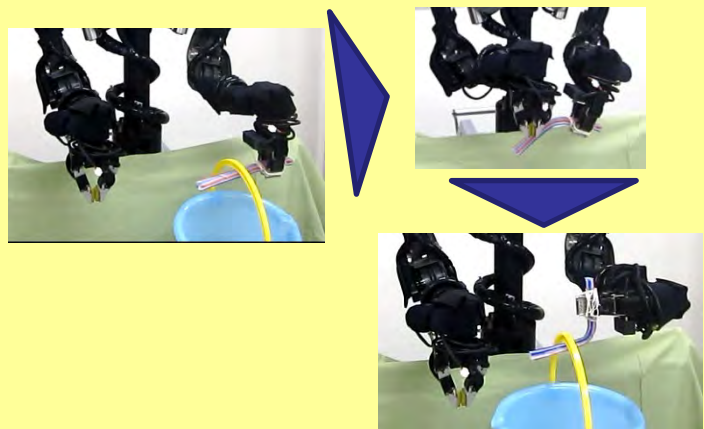
ばねのように振動するロボットアームのリンク

構造部が塑性変形し、自分自身を変身させながら作業するロボットの開発を進めている。ロボット構造部に形状記憶ゲルという素材を利用することにより、ロボットの構造部を様々な形状に繰り返し変形させながら利用できる。変身できるロボットの構造と変身のための制御技術を研究している。

■ 塑性変形する柔軟なロボットの開発と制御

構造部に形状記憶ゲルを用いて変身可能なロボットの開発を進めている。ロボットの一部をその時々作業内容に適した形状に変形させながら利用する。形状記憶ゲルは、加熱や冷却により軟化、硬化し、様々な形状に変形させて利用することや、剛性を変化させて利用することができる。現在はロボット手先部の形状や剛性を切り替えながら利用するロボットを研究しているが、今後は手先以外の部分にも広げていく予定である。

構造の一部が変形可能なロボット



バーチャルリアリティを利用した技能の解析と訓練

関連するSDGsの国際目標

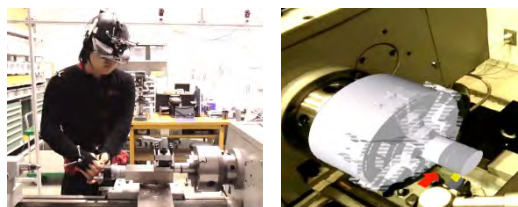


工学部 機械システム工学科 准教授 橋本 宣慶
 研究分野 : 生産加工学、人工現実感、
 ヒューマンインタフェース

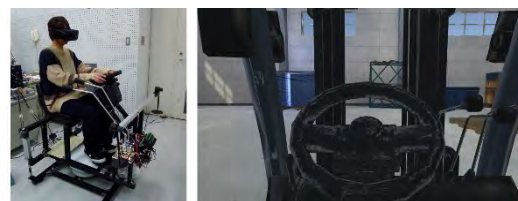
概要：製造、医療、運輸などで、人が行う作業の多くはコツやカンを必要とします。しかし、それを知らない人に正しく伝える(技能伝承)には、かなりの時間やコストがかかります。技能伝承を効率的に行うために、バーチャルリアリティを利用したシミュレータによる訓練システムの開発や、作業動作の測定などにもとづいた技能の解析を行っています。

■バーチャルリアリティを利用した訓練システム

バーチャルリアリティとは、実際にはない物や環境をあたかも存在するかのように人間に感じさせる技術です。これを利用して作業の訓練を行うシステムを開発しています。訓練に使う消耗品が少なく、危険を及ぼすものを排除したり、繰り返し同じ状況を再現したりすることで、低いコスト・高い安全性・高い効率で訓練することを目指しています。また、バーチャルリアリティの特徴を生かした新しい教育・訓練方法も模索しています。



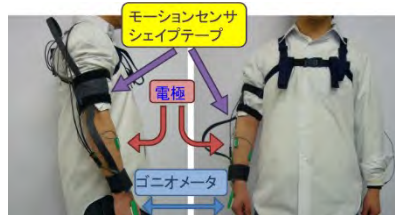
旋盤作業訓練システム



フォークリフト作業訓練システム

■マンマシンインタフェースを用いた技能の解析

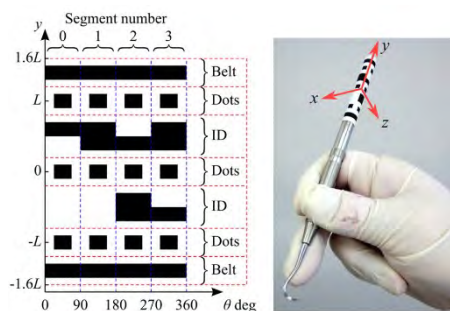
マンマシンインタフェースとは、機械と人間の間で様々な情報を伝達するための装置です。これを利用して熟練技能者と初心者の行う作業の違いを比較したり、突発的に起こる不具合に対する対応の仕方を見ることで、「作業が上手い」とは具体的にどういうことなのか、上手くなるためにはどんな能力が必要なのか、ということ調べています。



溶接作業時の右腕動作と表面筋電位の測定

■作業を阻害しない位置測定

上の2つの研究には様々な測定器を使用していますが、作業の邪魔にならないように測定する必要があります。例えば、手に持った工具の動きを測定する場合、工具に重いセンサを取付けてしまうと作業ができません。このような用途の測定器がない場合に、独自で測定装置を開発しています。



ペン形状器具の位置検出用円筒マーカ

流体機器の高効率化や流体騒音の低減に関する研究

関連するSDGsの国際目標



工学部 機械システム工学科

准教授 安田 孝宏

研究分野 : 流体工学

研究室HP : <https://www.mech.usp.ac.jp/~ctw/index.html>

概要：持続可能な社会の構築に対する流体工学からの貢献を目指して研究を行っています。特に、流体機器の高効率化や流体騒音の低減に対して、実験や数値流体解析を用いて研究をしております。

■低レイノルズ数領域で用いる翼型の研究

風車・流体機械・水中調査機器・無人探査機等の比較的低速で用いる機器への適用を目指して翼の研究を行っています。特に、クジラの中でも機動性に優れたザトウクジラの胸ビレ形状を模した技術である前縁波形状翼のはくり抑制効果に着目して研究しています。これまでの研究で前縁波形状翼は、設計パラメータが少なく、特別なアクチュエータを使用しないデバイスであり、外乱に強く、広い速度範囲で剥離抑制効果を発揮することが分かっています。今後は風洞装置や数値流体解析により前縁波形状翼の羽ばたき運動に対する有効性を調べることで魚型水中調査機器への適用可能性を検証します。



前縁波形状翼

■流体機械からの流体騒音の低減に関する研究

輸送機器や流体機械からの流体騒音は機器の性能向上の妨げや周辺環境を悪化させる要因となっています。例えば、複数のプロペラを有するタイプのドローンは物流・災害調査・インフラ点検・測量・生態系調査等、他分野での利用の拡大が予想されますが、利用台数の増加に伴い騒音問題、特に、プロペラで発生する流体騒音が増加することが懸念されます。本研究では、トレードオフの関係にあるドローンの翼の性能向上と騒音低減の両立という課題に対し、ザトウクジラの生物模倣技術である前縁波形状翼を適用し、その形状を最適化することで解決することを目的としています。



風洞装置

■高効率な非定常・非圧縮性流体の計算手法の開発

近年の計算機の発達に伴い、輸送機器や流体機械内の流れ、生体内の流れ等の高精度な計算が可能になってきています。これらをより身近な計算機で実現するため、さらなる高効率な計算手法の開発が求められています。そこで本研究では、計算コストが大きい圧力のポアソン方程式を解くグローバルな非圧縮性流体解法と比較して、並列計算に向いているローカルな手法（疑似圧縮性法、格子ボルツマン法）に着目し、高レイノルズ数領域における非定常・非圧縮性流体の計算に適した計算手法の確立を目指しています。



ドローンの騒音・性能の測定

<特許・共同研究等の状況>

空気エジェクターの高効率化、容器搬送システムの流体騒音低減に関する共同研究を行っています

振動問題の解決と振動を利用した駆動や診断



工学部 機械システム工学科

准教授 大浦 靖典 講師 田中 昂

研究分野 : 機械力学、振動工学、制御工学

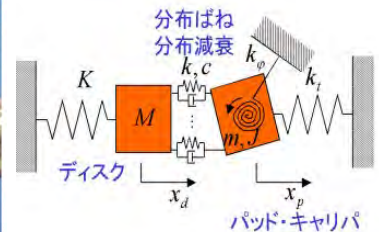
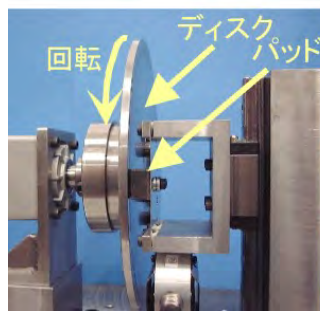
研究室HP : <http://www.mech.usp.ac.jp/~hnrw/index.html>

ディスクブレーキの鳴きなど自励振動の発生メカニズムの解明（振動解析），音響空間や多自由度振動系の固有振動の励起手法や計測手法の開発（振動制御），超音波を用いた損傷検出法の開発（振動利用）などについて研究している。

■ディスクブレーキの

鳴き発生メカニズムの解明

ディスクブレーキを模擬した鳴き試験機での計測結果に基づき，ディスクを並進の1自由度，パッドを並進と回転の2自由度で表した解析モデルを作成し，安定判別を行った。ブレーキパッドの剛性の大きさが制動圧に依存することが鳴き発生に大きく影響することが明らかとなった。鳴きにくい摩擦材の開発やパッドの支持方法，パッド端面の面取りなど鳴き対策の指針を示した。

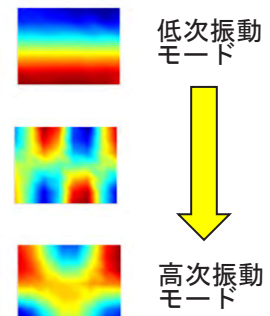
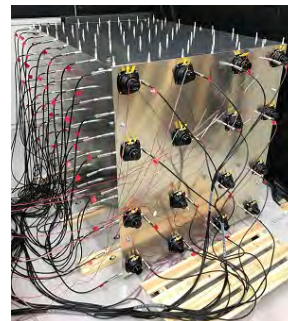


鳴き試験機と解析モデル

■分散制御による多点加振を用いた

音響空間の固有振動計測

自動車車室などの三次元音響空間の固有振動を計測するために分散制御による多点加振法を開発した。分散制御されたスピーカー群は，引き込み現象により音響空間を介して相互に同期する。さらに，各スピーカーの出力が，固有振動励起に適するように自動的に調整される。計測が困難だった大規模大減衰である音響空間の固有振動の把握が期待できる。



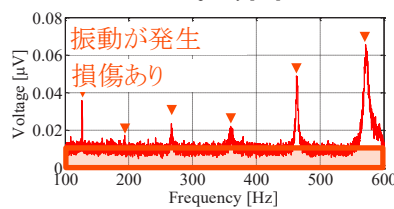
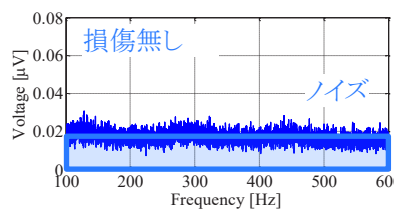
三次元音響空間の多点加振試験

■損傷の非線形性に着目した

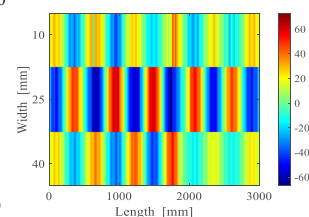
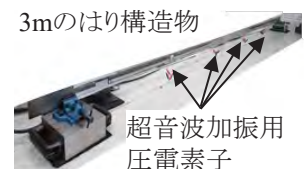
構造ヘルスマモニタリング

損傷部での局所的な接触による非線形現象を利用した接触型損傷の検出手法を開発している。二つの周波数をもつ超音波を入力すると，超音波周波数の差周波数の振動が発生する（周波数down-conversion）。接触型損傷の位置や大きさの評価を行っている。

また，大型建造物の検査の自動化，高度化に向けて，超音波振動の駆動技術の開発にも取り組んでいる。分散制御による多点加振を用いて，超音波固有振動の自励駆動を実現した。さらに，自励振動の特徴を利用した損傷評価を行っている。



周波数down-conversionによる低周波振動の発生



超音波固有振動モード
分散制御による大型建造物の
超音波固有振動の自励駆動

看護師・介護士・理学療法士を支援する 生体計測とソフトメカニズム

関連するSDGsの国際目標



工学部 機械システム工学科 講師 西岡 靖貴

研究分野 : メカトロニクス研究分野

研究室HP : <http://www.mech.usp.ac.jp/~maw/index.html>

概要：看護師、介護士、理学療法士は介助対象の身体的・精神的負担を減らすことを目的とした動作が多くみられる。一方で、介助者自身の負担が大きい場合が多く、離職の要因の一つにもなっている。本研究では、被介助者だけでなく介助者自身の動作も支援できる「柔らかな機械」であるソフトメカニズムを開発する。また、習得が困難な技術に対して生体情報の計測を活用した学習・教育を支援するシステム構築にも取り組む。

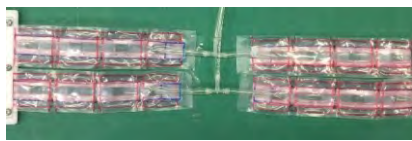
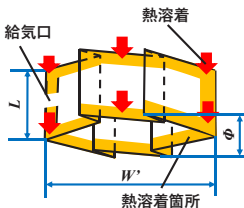
■極軽量空気圧ソフトアクチュエータを内蔵したコルセット型サポートウェアの開発

- ・ コルセット：常時着用による筋衰退の危険性
- ・ 業務中の頻繁な着脱は困難
- ・ **極軽量ソフトアクチュエータ**の利用
(フィルム製エアバッグ)
- ・ **圧迫の有無**を切り替え可能
- ・ 小型な携帯システム



■収縮型ソフトアクチュエータによるフィッティング型マッサージウェアの開発

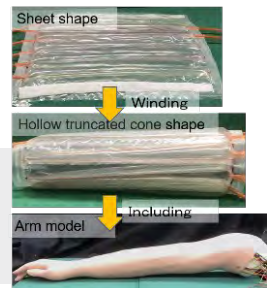
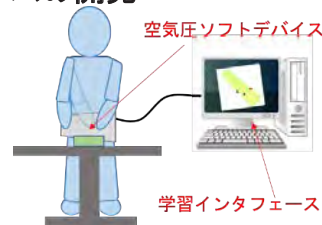
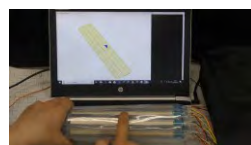
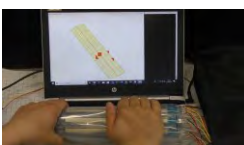
- ・ **プリーツ構造**による高い収縮率
- ・ **収縮率約40%，収縮量96 mm，膨張量19mm**
- ・ 2列配置により20kPaで最大35Nの収縮力



- ・ **姿勢・体格を限定しない**マッサージ可能
- ・ フィッティング対応範囲：上部胸囲781～973 mm，腕付根囲355～454 mm
- ・ 分布的な圧迫が可能
- ・ 血流促進効果一部確認

■看護マッサージ技術習得を支援する学習支援システムの開発

- ・ 前腕形状のシミュレータ
- ・ 視覚情報による力の教示
- ・ 内部に**複数のエアバッグ (剛性可変)**
- ・ **学習用インターフェース** (熟練者と比較)



- ・ 位置：薄型ポテンショメータ
- ・ 力：バッグ内圧の変化量
- ・ **前腕モデル**へ内蔵

<特許・共同研究等の状況>

- ・ 共同研究「持続的な使用が容易な空気圧人体アシストシステムの開発」アイトス株式会社 (～ 2021年3月)

半導体プロセスを応用した微細加工技術の異分野への展開



工学部 電子システム工学科 教授 柳澤 淳一

研究分野：デバイス工学、半導体プロセス工学

研究室HP：<https://www.e.usp.ac.jp/~edvw/index.html>

電子ビームやイオンビーム、プラズマなどを用いた半導体超微細加工技術（エッチング、薄膜形成、新材料合成、など）を、半導体分野に限らず、バイオなどの新しい分野へ応用・展開することを目指します。また、微細加工の相談にも可能な範囲で対応します。

■酸化シリコン(SiO₂)内に埋め込まれた金(Au)ナノ粒子の形成プロセスの開発

SiO₂表面に付着させるのではなく、金シリコンイオン源を用いたイオン照射と大気中熱処理により、膜内部に埋め込まれたAuナノ粒子を形成する簡便な新しい作製方法を提案しました。粒子サイズの制御や光学特性の評価、さらにはAuナノ粒子を内包するSiO₂薄膜として自立させることを試み、電子・光デバイスや分析デバイスなどへの応用の道を探ります(図1)。

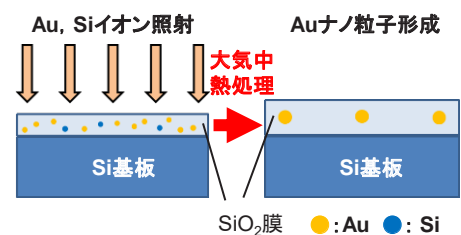


図1. 提案したプロセスの概略図

■電子線照射による焼き付けを利用した強固なレジストパターンの形成

Si基板表面に塗布したフォトレジスト膜に電子線を大量に照射するとレジストに焼き付け(炭化)が生じ、通常のレジストよりも強固な膜の形成が期待できます。電子線の照射方法により形状や異なる膜厚の制御ができ、SF₆プラズマによるSi基板のエッチングにおける保護膜として用いることで、レジスト膜厚を反映した立体的なSi表面加工の可能性を探っています(図2)。

■半導体超微細加工技術のバイオチップ作製プロセスなどへの展開

半導体の世界で培ってきた様々な超微細加工技術を半導体以外の材料、例えば集束イオンビーム(FIB)による加工をガラス基板に適用することでマイクロ流路を形成するなど、バイオ・化学チップの作製に使える可能性を示しました(図3)。半導体以外の分野に微細加工技術を応用・展開することを目指します。

■イオンビーム照射による表面ナノ構造の形成と親・疎水性の制御

自然酸化膜を有するSi基板表面に低エネルギーでGaイオンを照射することでナノレベルの突起構造が形成されることを見出したので、構造に由来する疎水性発現の表面制御への応用を目指します(図4)。

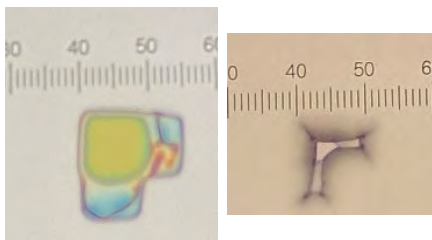


図2. Si基板表面上に形成したレジストパターン(左)とSF₆プラズマ処理後の表面(右)の光学顕微鏡写真(倍率：500倍)

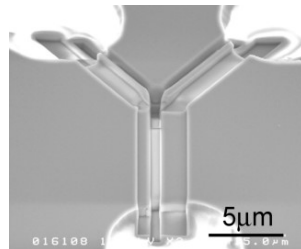


図3. FIBでガラス基板の上に形成したマイクロ流路の例

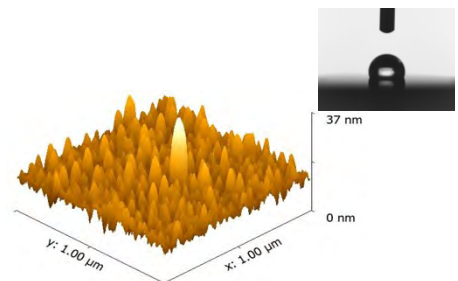


図4. Gaイオンを照射したSi基板の表面AFM像と、水滴を滴下した時の接触角の例

<特許・共同研究等の状況>

窒化ガリウム成長用基板及びその製造方法(共同出願、特願2005-90957)

窒化物半導体成長用基板(共同出願、特願2013-176635、特許第6181474号)

応用システムとハードウェアの最適融合

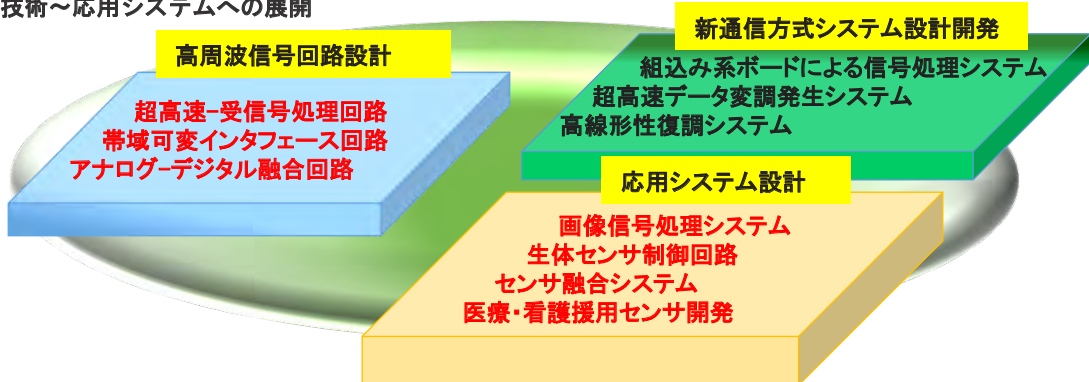
関連するSDGsの国際目標



工学部 電子システム工学科 教授 岸根 桂路
研究分野： 応用システム、組み込みシステム、回路設計

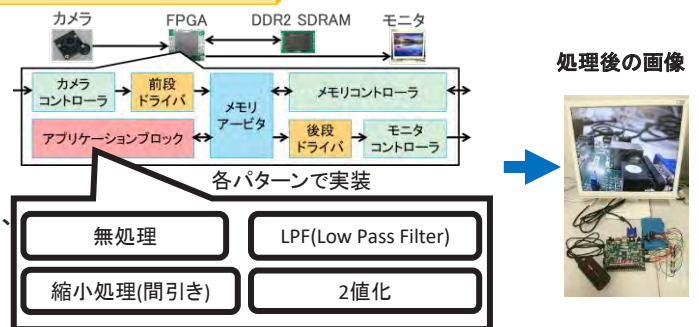
超高速・超低電力アナログ・デジタル混載回路の設計技術をベースに、スマート通信方式の提案・実装、センサ・画像信号応用技術開発まで幅広く研究分野を展開しています。

回路設計技術～応用システムへの展開



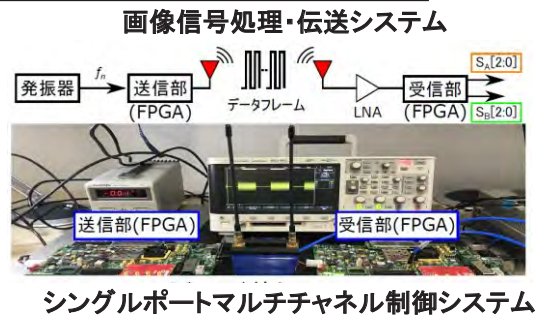
画像信号処理・伝送システムの開発

画像データを自由に処理・加工できるようにドライバを開発し、組み込み系ボード上で各種処理後、ディスプレイに出力します。深層学習機能やフィルタ機能を搭載するとともに、信号処理プロセスの独自処理により、画像データ伝送遅延を大幅に削減しました。



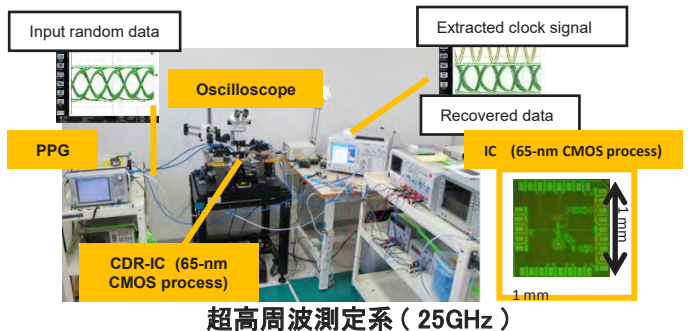
新通信方式 信号伝送システムの開発

制御回路の実装コスト低減にむけ、煩雑な配線をシングルチャネルの無線に置き換え、外部から装置内回路を制御可能なシングルチャネルマルチポート制御システムを開発しています。組み込み系ボードにより、複数回路の制御可能なことを確認しました。



微細CMOSによる 超高速 光電気融合 通信システム用回路の研究・開発

次世代高速通信システムの実現にむけ、電子回路分野で光通信システムアナログフロントエンド回路の研究・開発を実施しています。高速発振回路から光電気融合システムにフォーカスした送受信回路まで、研究室で解析・設計から評価・検証までを実施します。



＜共同研究・特許等の状況＞

- データ管理情報アドオン型-4値パルス振幅変調(PAM4)回路の開発 (科学的研究費助成事業)

半導体超薄膜作製とその超高速非線形光学応答

関連するSDGsの国際目標



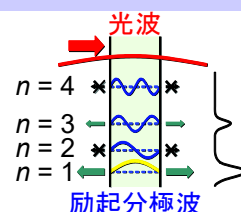
工学部 電子システム工学科 准教授 一宮 正義

研究分野 : デバイス工学、光物性、超高速分光

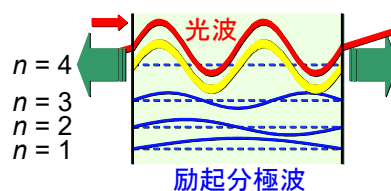
光を照射した瞬間だけ物質の性質が変わり、さらに別に照射する光に対する応答特性が変化することを非線形光学効果と呼びます。この効果は様々な分野で応用が可能ですが、特に光通信などにおける信号のオン・オフや経路変化を別の制御光を照射することにより行う全光型ゲートデバイスは、電氣的制御より圧倒的に高速かつ省エネルギーであるため、将来の大容量光情報処理技術を加速させるキーデバイスとしてその実現が期待されています。

■高品質微小結晶における光と分極の特異な相互作用

大きな非線形光学効果を得るためには、照射する光のエネルギーを物質の電子を励起するエネルギーに共鳴させることが望ましいのですが、共鳴によって得たエネルギーは緩和するまでに長い時間を要するという問題があります。このようなトレードオフを回避しつつ高効率かつ高速な光ゲートデバイスを実現するために、様々な材料、構造、新しい物理機構の研究が行われています。もし結晶性が十分に高い微小構造を作ることができれば、光によって励起された電子の波動が乱されることなく数百ナノメートルにわたって広がるため、厚さなどの条件が適切であれば光の波と励起電子の波が数波長にわたって整合すると考えられています。このときの特異的に強い相互作用によって、電子励起状態が光を放射しながら超高速で緩和するという理論研究成果に私達は着目し、半導体薄膜試料の高品質化と超高速非線形光学応答の観測にチャレンジしています。



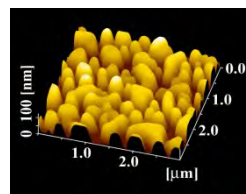
ナノ構造における光と電子励起状態



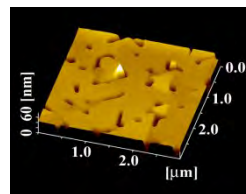
結晶性が十分に高い系での光と電子励起状態

■新奇手法による高品質CuCl薄膜の作製

本研究では光との相互作用が強いCuClという物質を取り扱っていますが、作製技術が成熟しているGaAs等のIII-V族に比べてI-VII族化合物で高品質な薄膜を作製するには多くの課題がありました。ところが、試行錯誤の末、真空蒸着法の1つで成長層厚を原子層レベルで精密に制御することができる分子線エピタキシー法において、電子ビームを照射することによって膜質を飛躍的に向上させる技術の開発に成功しました。現在は、薄膜の品質や膜厚制御精度の向上はもちろんのこと、潮解性の高いCuClをコーティング等により空気中で使用可能にする技術の確立も目指しています。



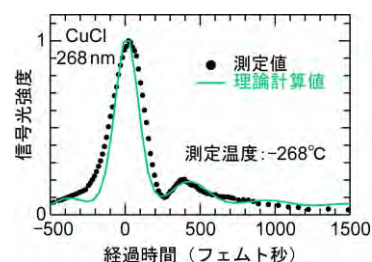
従来の製法によって作製したCuCl薄膜の表面原子間力顕微鏡 (AFM) 像



電子ビーム照射を取り入れた新奇製法により作製したCuCl薄膜の表面AFM像

■超高速非線形光学応答の観測

超短パルスレーザーを用いて過渡回折格子を作成し、発生した信号光の時間による強度変化を測定することによって励起状態の緩和特性を調べることが出来ます。高品質化に成功した薄膜試料においてこの測定を行ったところ、輻射緩和する時間や複数モードの干渉を示すビート構造が理論計算によって導き出された結果と極めて良く一致することが分かり、電子励起波動・光波動の重なりによる超高速応答が起きていることが確認できました。得られた輻射緩和時間は100フェムト秒(1000兆分の1秒)クラスに達しており、従来の高速輻射緩和とされたデータよりさらに2~3桁速い結果となっています。励起状態の波が格子振動などによって乱されてしまう現象は温度が高いほど速く起こります。これが室温などの高温領域で光学応答の効率が激減する原因となっており、光ゲートデバイス等への応用に向けての大きな課題となっています。しかし、輻射緩和が数十フェムト秒程度で起こってしまうえば、波が乱されるよりも速く高効率で非線形光学応答が起こると考えられます。このテーマでは、薄膜試料における厚さのコントロールとさらなる品質向上により数十フェムト秒級の超高速応答を実現することによって、室温をしのぐ高温領域における超高速・超高効率非線形光学応答の観測を最大の目標としています。



アナログCMOS集積回路の設計技術と応用技術の研究

関連するSDGsの国際目標



工学部 電子システム工学科 准教授 土谷 亮

研究分野 : 集積回路, センサー, 自動設計技術

概要: 集積回路 (IC) は様々な場面で使われており, 現代の「スマート」を支える基盤となる技術です。一方で, 安価で小型で低電力という特徴を生かした応用も期待されています。そのようなICの設計方法と応用について研究しています。

■ 高性能アナログ回路設計技術

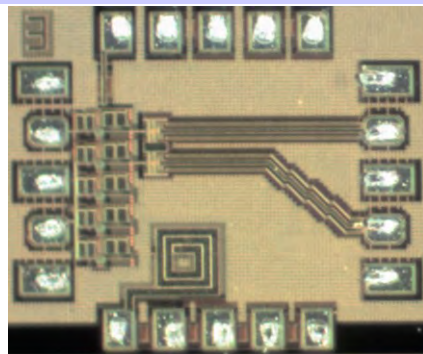
アナログ回路の高性能化に向けた回路設計技術の研究を行なっています。アナログ回路は動作速度や消費電力以外にも雑音など様々な特性を考慮した設計が必要です。主に光通信用の高速アンプを題材に, 高利得・高速・高ノイズ耐性を目指した回路設計を行なっています。また, より小さな面積に回路を実装できるように, 小面積化についても研究しています。これらの要素技術は光通信用の回路だけでなく, 他の様々な回路への応用が可能です。

■ 集積回路による液体計測への取り組み

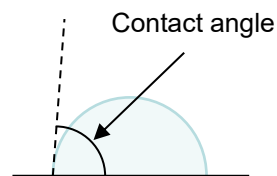
集積回路は, 現在様々なセンサーに使われています。例えば MEMS 技術は集積回路に加速度を知る能力を付与しました。最近のスマートフォンなどには加速度センサーが搭載されているものがほとんどです。私は新たに, 液体を調べる能力を集積回路に付与できないかと考えています。液体を測る, という能力は医療, ヘルスケア, 農業などで非常に重要ですが, 液体の計測を行なうセンサーはあまり小型化が進んでおらず, 様々な測定を行なうには対応した測定器を使う必要があります。小型のチップが様々な測定を行なうことができれば, 装置が小型化するだけでなく少量のサンプルで様々な測定を行ない, かつその結果を分析するところまでチップ内でやってしまう, ということが期待できます。この研究は特に飲食物の評価への応用を目指しています。複雑かつ多様な評価を簡単に行なえるデバイスを実現することで, 農業のスマート化や, 高付加価値商品の実現に貢献することを目標にしています。

■ アナログ回路自動設計技術の実現

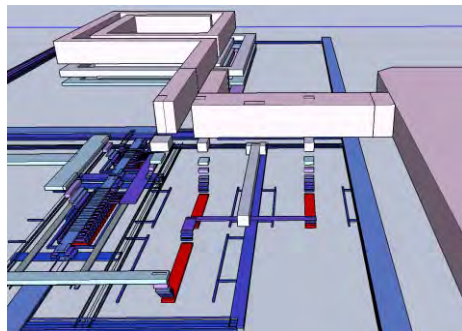
上に挙げた液体計測システムに使うようなICは, 使い捨てができるような安価なものではなければ普及は困難です。しかし, 少量・多品種のセンサーICを作る際, 設計のコストが重要になってきます。アナログ回路はシステム中に必要不可欠であるにも関わらず, 設計の難易度が高いという問題があります。これは配線の引き方が変わるだけで性能が変わってしまうためです。しかも, 設計データ (レイアウト) は公開することが不可能なため, 他人の作った設計を利用することも困難です。このため, 教科書に載っているようなよく知られた回路であっても誰かが設計しなければなりません。この設計コストは新たなイノベーションの障害になっています。この状況を打破するべく, 自動設計の手法を検討しています。「そこそこの性能で動きさえすればいい」という回路が自動生成できれば, 設計者はアナログ回路に煩わされることなく自分のアイデアの実現に集中することができるようになります。また少量・多品種・安価なセンサーICにより, スマート農業等の促進に貢献します。



高ノイズ耐性回路試作チップ。
従来の方法と同等の面積・消費電力で,
雑音を40%低減することに成功した。



液体の接触角。
これまで困難であった, 液体の機械的
性質の電氣的な計測に取り組んでいる。



アナログ回路の内部構造概略図。
様々な構造が混在し, 設計難易度が高い

無線でつながる生体センシングシステムの研究開発

関連するSDGsの国際目標



工学部 電子システム工学科 講師 井上 敏之

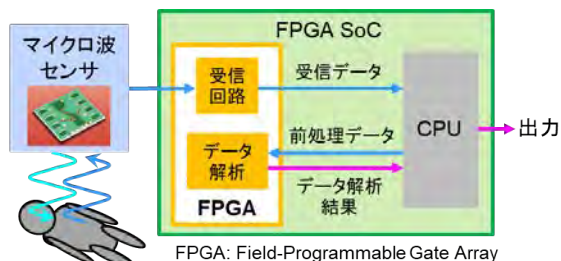
研究分野 : 集積回路、無線通信、生体計測

研究室HP : <http://www.e.usp.ac.jp/~ectw/>

これからの少子高齢社会をより安全・安心なものにするために、保育・介護現場を支えるシステムの重要性が増しています。また、日常のヘルスケアが疾病の早期発見のためにより重要となってきます。本研究では、無線技術を駆使して生体計測・生体データの送受信・フィードバックを行うシステムの実現を目指し、ハードウェアとソフトウェアの両面から研究開発を行っています。

■非接触生体センシングシステム

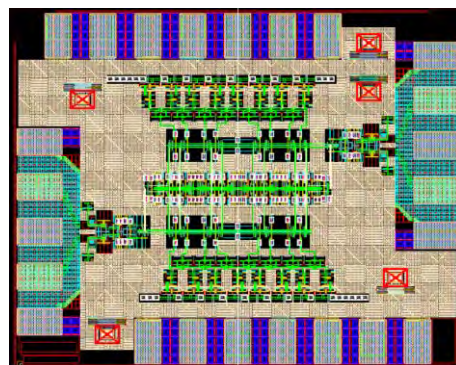
少子高齢社会が加速する一方で、保育・介護現場の人手不足は深刻な問題となっており、健康管理に不可欠なバイタルサインをより簡便に取得する手法が必要とされています。そこで、車載レーダ等によく知られているマイクロ波・ミリ波帯レーダを応用し、非接触で心拍や呼吸をモニタリングが可能なシステムの開発を行っています。計測機器の装着が不要となるため対象者への負担がなく、カメラを用いた場合に問題となるプライバシー保護の観点からも心理的な負担が少なく、安心して使用することができます。取得したデータをもとに日々の健康管理を行い、さらに深層学習を取り入れることにより疾病の兆候を早期発見できるようなシステムの開発を目指します。



FPGA: Field-Programmable Gate Array

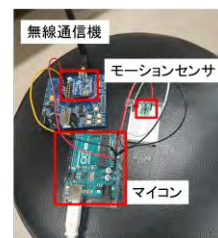
■アンテナ制御用高周波IC

従来の生体センシング向けマイクロ波・ミリ波帯レーダは、検知範囲がごく限られており固定されているので、複数人のモニタリングへの適用が困難でした。そこで、無線通信等に応用されているビームフォーミング技術を取り入れることにより、対象者の位置を限定することなく、フレキシブルなモニタリングが可能となります。本研究では、アンテナ制御のための集積回路（IC）に着目し、構成要素である発振器、周波数ミキサ、増幅器、移相器等の回路ブロックを生体センシング用途にチューニングすることにより、高感度なセンシングを可能とすることを目指します。



■センサネットワークシステムの活用

病院や保育・介護施設において、対象者の生体センシング情報を見守り者がリアルタイムに把握することが重要となります。対象者に万一のことがあった場合に、その対象者の状態と位置を複数の見守り者が把握し、一番近くにいる見守り者がすぐに駆けつけることができる、といったことを可能とするためには、施設内全体のネットワークのデザインが不可欠となります。本研究では、無線モジュールを施設内に複数個配置し、無線モジュールを持った対象者・見守り者と相互に通信させることにより、状態と位置をリアルタイムに把握可能なシステムの構築を目指しています。



親機

脳機能模倣素子など次世代微細素子の開発

関連するSDGsの国際目標



工学部 電子システム学科 講師 番 貴彦

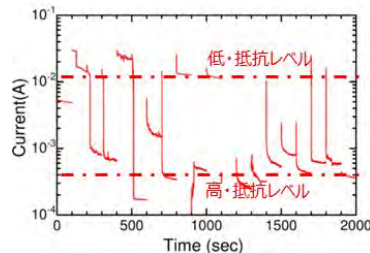
研究分野 : 半導体デバイス、記憶素子、
ナノ粒子、2次元材料

工
学
部

概要：私たちが利用するスマートフォンやパソコンなど電化製品には膨大な量の半導体デバイスが使われています。扱うデータ量が増え、私たちの生活が豊かになる一方で、消費する電力も増大しています。これを解決するためには新しい原理で動くデバイスや、新しい材料を使った試みが必要です。特に最近注目されているのが人間の脳を模倣したデバイスです。また、現在主流のシリコンに代わり2次元材料も新材料の一つとして研究されています。私たちの生活をより豊かに、そして環境に配慮した新しいデバイスを目指して研究していきます。

■シナプス模倣素子

人間の脳を模したデバイス研究の一つにシナプスを再現する素子研究があります。本研究では抵抗変化素子に自己修復能を付与した新たなシナプス模倣素子を提案しています。自己修復能を持たせることで、シナプスの特徴的な働きであるつながりの強さ（伝達効率）が変化する可塑性を再現することが可能です。またナノ粒子を用いたシナプス模倣素子も作製しています。ナノ粒子の配置にはフェリチンと呼ばれる人間の体の中にもあるたんぱく質を利用しています。ナノ粒子のサイズに伝導パスが制限されるため、電流密度が上昇し、局所的に発熱しやすくなり自己修復能が働きやすくなります。人間の脳を再現したデバイスを作ることができれば非常に小さな電力で膨大な記録と高度な情報処理が可能になると期待されています。



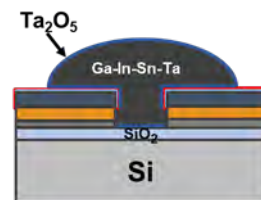
書き込みが時間経過とともに消去される特性図

■液体金属を用いた記憶素子

液体金属はその柔軟性から様々な分野に応用されています。特に将来的にウェアラブルデバイスなど、より私たちの身近に電子機器が偏在すると予想されることから、「硬い」素材よりも「柔らかい」素材が期待されています。最近の研究で液体金属に電圧を印加することでプログラマブルな特性が得られることが報告されています。私たちの研究では液体金属にさらに抵抗状態を記憶する機能を付与することを目的としています。実際に作製した素子では抵抗状態を記憶し、何度も書き換えることに成功しています。液体金属の応用性を広げることは社会の様式を変化させていく可能性があります。



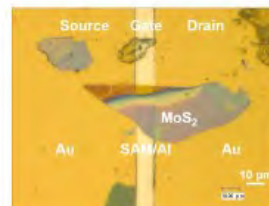
作製した液体金属



液体金属記憶素子構造図

■2次元材料MoS₂を用いたトランジスタ

2次元材料はその名の通り平らな材料です。鉛筆などの黒鉛の材料であるグラファイトなどをテープで剥離することで得られるグラフェンのように、私たちの身近にある材料でもあります。特徴としては原子1層分の厚みまで薄くできるため、微細化に非常に適していることや、移動度と呼ばれる特性の良い材料が多いことです。私たちが扱うMoS₂（硫化モリブデン）はセンサー材料や太陽電池材料としても期待されています。私たちの研究ではトランジスタと呼ばれる微細なスイッチをMoS₂で作製しています。表面が非常に敏感であるため作製工程の影響を受けやすいのですが、トランジスタの電極構造などを先に作製し、最後にMoS₂を貼り付けることで70 mV/decという特性の良いトランジスタを作製することに成功しています。



作製したMoS₂トランジスタ

磁気信号による微小欠陥・異物検出技術

関連するSDGsの国際目標



工学部 電子システム工学科 教授 作田 健

研究分野：センシング工学、磁気計測

超高感度磁気センサー：超伝導量子干渉素子” SQUID” を使い、微小磁気信号を利用した検査技術に関する研究を行っています。磁気信号は、空間に広がるので、非破壊、非接触による検出が可能です。また、内部に埋もれている傷や異物からの検出も可能です。これらの特徴を生かして、非破壊検査、微小異物検出、生体磁気計測などへの応用を試みています。

■微小異物検出

・鉄やステンレスなどは磁気を発しています。この磁気を検出することで、製品中に混入した微小な磁性異物の検出ができます。いかに小さな異物まで検出できるかは、感度によっているので、ここでも高感度のSQUIDが生きてきます。また、生体活動にともなう磁気信号を検出する装置に応用できます。

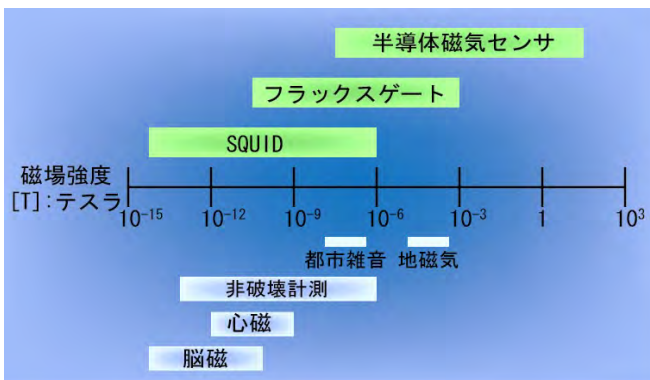


図1 磁気強度と対応する各種センサ

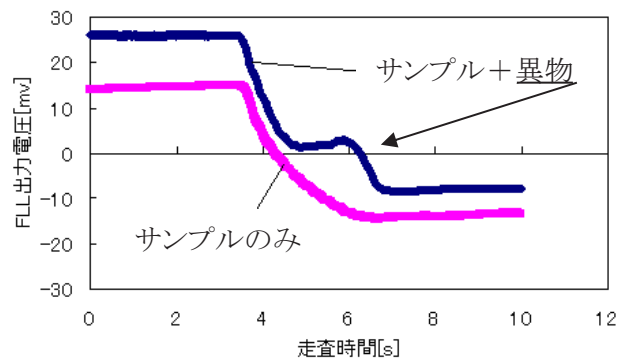


図2 粉末サンプル中の微小異物検出

■磁気計測時の動的信号処理・雑音処理

・ステンレスなどは磁気を発しています。この微小信号検出はいかに雑音と区別するかがカギとなります。そこで、これらの環境雑音の動的抑制、信号抽出アルゴリズムなどの磁気信号計測時のリアルタイム信号処理について検討しています。

■磁気空間分布制御

・微小異物計測は、異物を磁化させることから始まります。この磁化のための励起磁場を空間的、時間的に制御することで、可動部を持つことなく異物の位置を特定できると考えます。この磁界の空間分布制御についての研究も行っています。高速の異物検出が可能になります。

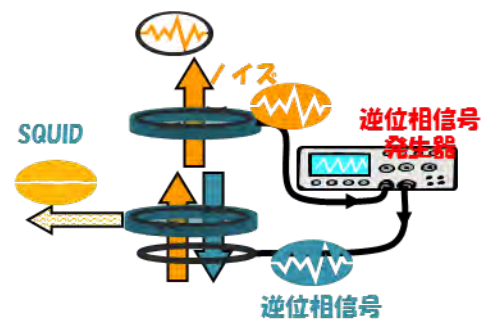


図3 アクティブ・ノイズコントロールシステム

『熱音響』 『モーター故障解析』 『超音波エレクトロニクス』 『エネルギー・環境』に関する研究・開発



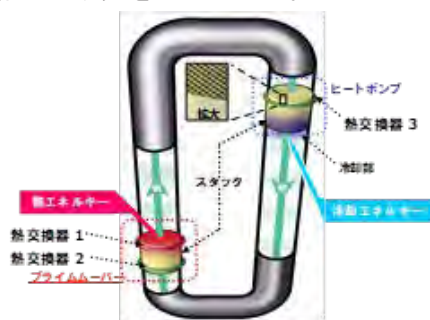
工学部 電子システム工学科 教授 坂本 眞一
 研究分野：熱音響，超音波，故障解析，超音波センサー
 研究室HP：shin1sakamoto.com

■エネルギー・環境

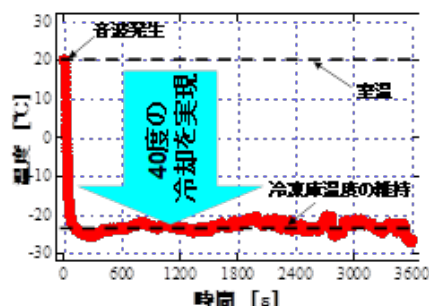
地球温暖化をはじめとする地球環境破壊やエネルギー資源の枯渇などの問題について関心が高まっている。これらの課題を解決するため、エネルギー効率の向上、未利用エネルギーを入力エネルギーとする新エネルギーシステムの開発、エネルギーの複合利用によるエネルギーの有効活用について研究を進めている。

■熱音響

熱音響技術を応用した熱音響システムは、入力エネルギー源を選ばないことが最大の長所である。つまり、太陽熱エネルギーなどの自然エネルギー、自動車や工場などの廃熱を入力エネルギー源として利用することができる。その他にも、地球環境の破壊につながる有毒な充填ガスを用いる必要がないこと、可動部が無く構造が簡単のため信頼性が高いことなどが長所として挙げられる。一方、現状において、システムの形状の自由度が低いことやエネルギー変換効率が低いことなどが課題として残る。これらを解決し、システムの実用化を目指して研究を進めている。



熱音響冷却システムの概略図



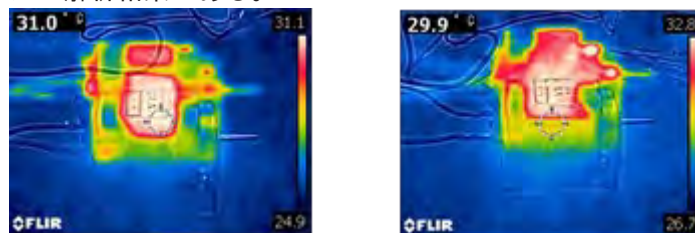
熱音響冷却システムの冷却特性

■超音波エレクトロニクス

超音波とは聞くことを目的としない音波である。超音波を利用することで、光学的なセンサが利用できない状況においても、詳細なセンシングが可能となる。医療分野では超音波診断装置などで広く利用されているが、超音波センシングはその他の幅広い分野での応用が見込まれる。センシング技術の向上、新たなセンシングの方法やその適応例の開発を目指して研究を進めている。

■モーターの故障解析

エネルギー変換機の代表である電気モーターは種類や環境を問わず、いたるところで用いられ、日常生活に欠かすことのできないデバイスとなっている。このモーターが一度故障などで、利用できなくなると日常生活に大きな支障をきたす。これまでの時系列予知では検証が難しかった故障予知に向けて、エネルギー保存則を考慮した新しい方法を考案した。音、熱のエネルギーを新たに入力し、そのエネルギーの移動を故障予知に導入する方法である。また、この故障予知に機械学習を取り入れることにより、予知精度の向上を目指し、安全で快適なモーター利用の推進を目指している。下図は直流モーターの熱解析結果である。左図が正常、右図が故障サンプルの解析結果である。



坂本, 渡辺, “音と熱のコラボレーション-熱音響冷凍機実現に向けて- : 音エネルギーで地球を冷やす”, 電子情報通信学会誌 90 (2007) pp.993-997.

原子間力顕微鏡の開発と表面・界面の超高分解能計測



工学部 電子システム工学科 准教授 小林 成貴

研究分野：走査型プローブ顕微鏡、表面・界面科学

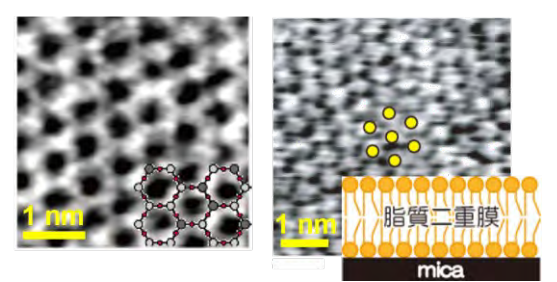
研究室HP：<https://sites.google.com/site/knaritaka0302/>

表面や界面の構造や物性をナノ～原子・分子スケールで観察できる超高分解能・多機能原子間力顕微鏡（AFM）の開発を進めています。また、開発したAFMを用いて、様々な物質・材料の固液界面での構造や物性を調べています。

■表面構造の超高分解能観察

周波数変調原子間力顕微鏡（FM-AFM）と呼ばれる超高分解能顕微鏡を用いることで、硬いものから柔らかいものまで幅広い物質の表面構造を、ナノ～原子・分子スケールで観察できます。

- 活用例：
- ・結晶構造や結晶成長プロセスの観察
 - ・電極や触媒表面の構造・反応過程の観察
 - ・生体材料の構造観察

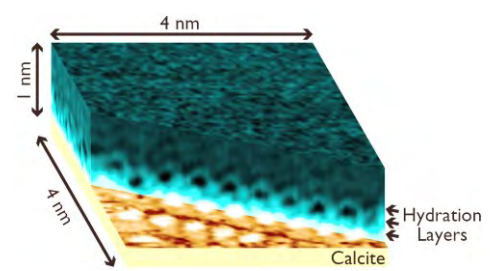


原子・分子分解能イメージング

■界面に形成される水和構造計測

FM-AFMを用いた3次元力分布計測により、固液界面に局在する水分子や溶媒分子によって形成される水和・溶媒構造をサブナノスケールで可視化できます。

- 活用例：
- ・材料のナノレベル局所親水・疎水状態の評価
 - ・潤滑剤の3次元吸着構造解析による摩擦性能の評価

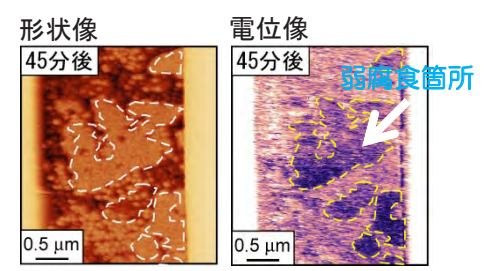


CaCO₃結晶－水界面の水和構造計測

■ナノスケール表面物性計測

液中環境下にある試料表面の構造と同時に物理情報（粘弾性、電位、電子状態など）をナノ～原子・分子スケールで同時に可視化できるAFM技術の開発を進めています。

- 活用例：
- ・金属の耐食性評価
 - ・電極表面での電気化学反応における局所電子状態

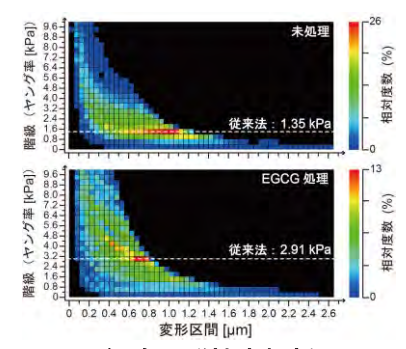


Cu配線の腐食プロセスの電位計測

■細胞力学計測

弾性的な物体を探針で変形させ、変形量に応じて変化する弾性率を解析する新規方法を開発しました。

- 活用例：
- ・細胞の弾性率変化
 - ・多層弾性体の変形量に応じた弾性率の変化 など



細胞の弾性率解析

電磁力を利用した大電力遮断技術の研究

関連するSDGsの国際目標



工学部 電子システム工学科 講師 平山 智士

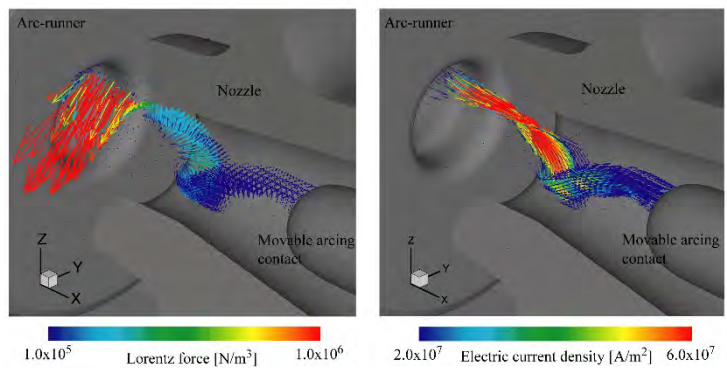
研究分野 : 電磁流体力学、プラズマ工学

研究室HP : <http://www.e.usp.ac.jp/~eprw/>

概要：大電力系統用遮断器では、放電により生じる高温のプラズマを冷却することで電極間を電氣的絶縁状態に回復させ、電流を遮断する。電磁力によりプラズマの挙動を制御し、冷却を促進させることで遮断器の高性能・小型化を目指し研究を進めている。

■磁界印加型交流遮断器の数値シミュレーション

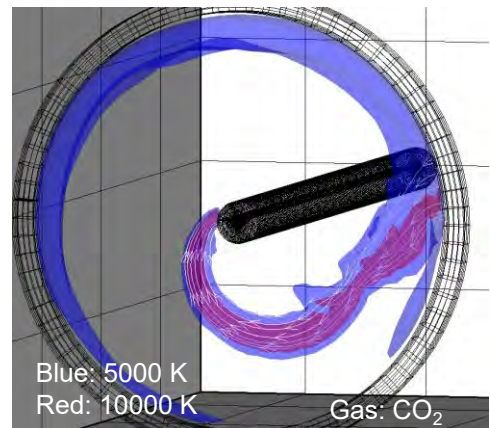
電力系統内で事故が発生した際には迅速に電流を遮断する必要があり、遮断器がその責務を担っている。遮断器における電流遮断の成否は電極間に生じるアークプラズマの特性に強く依存する。電磁力によりアークプラズマを回転させることで、プラズマの温度低下を促進できると期待される。電磁気学および流体力学にもとづく高度な数値シミュレーションにより遮断器内部の現象を再現することで、印加磁界が電流遮断能力に与える効果について検討している。



大電力遮断器のシミュレーション例：電磁力(左)と電流密度(右)の三次元分布

■電磁力を利用した低環境負荷遮断器の研究

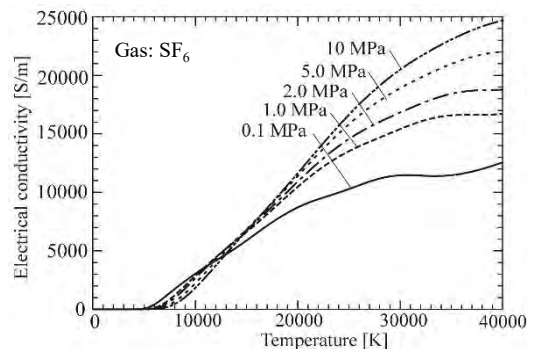
電流遮断ガスとしての優れた特性から、 SF_6 ガスが遮断器では一般的に利用される。一方で、 SF_6 ガスは非常に強い温室効果を持つため、環境負荷の低いガスの使用が検討されているが、現時点では SF_6 に匹敵する電流遮断ガスは見つかっていない。本研究では、電磁力により遮断能力を補うことで、低環境負荷ガスを利用した遮断器の実現を目指している。現在は、 SF_6 代替ガスの最有力候補として考えられている CO_2 ガス環境下での基礎的な検討を行っている。



CO_2 ロータリーアークのシミュレーション例：等温面と電流流線

■高温プラズマの熱力学的諸量・輸送係数計算

遮断器内のアークプラズマや周囲ガスの温度・圧力は非常に広い範囲（温度：300～40000 K、圧力：0.1～5.0 MPa）で変動し、それに伴い質量密度、内部エネルギーといった熱力学的諸量や電気伝導率、熱伝導率といった輸送係数も大きく変化する。本研究では、プラズマ中の組成変化（解離、電離、再結合）やエネルギーモード（並進、振動、回転、電子励起）、各粒子間の衝突断面積を考慮し、熱統計力学にもとづき熱力学的諸量・輸送係数を計算する。 SF_6 や CO_2 といった電流遮断ガスだけでなく、空気（ N_2 、 O_2 ）やアルゴンといったガスへも本研究は応用可能である。



SF_6 プラズマの電気伝導率の理論計算結果

機能性単位粒子の集合体・ネットワーク構造による高機能発現に関する研究

関連するSDGsの国際目標



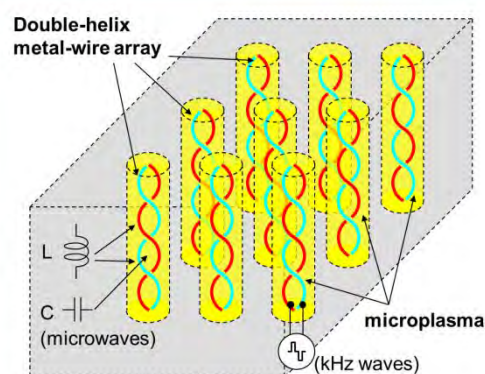
工学部 電子システム工学科 教授 酒井 道

研究分野 : メタマテリアル科学、プラズマ理工学

ミリメートルからマイクロメートルサイズの単位構造により構成された構造体が示す低周波・電磁波・光に対する応答性は、その単位構造の設計次第で大きく制御可能です。そのような高機能構造体を設計・作製し、マイクロ波・赤外デバイスへの応用などについての研究を進めています。

■ミリメートルサイズ構造による動的メタマテリアルの生成

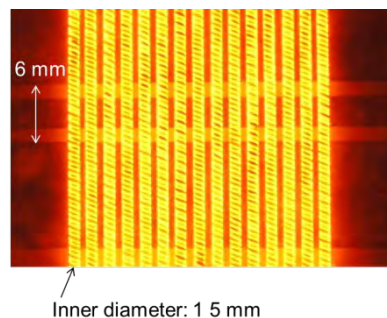
・「メタマテリアル」とは、2000年前後に提案された考え方で、電磁波の波長より十分小さな単位構造を巧みに設計すると、その全体構造の屈折率を負にしたり、いわゆる“透明マント”の効果を実現できたりする、というものです。我々は、そのような構造に、微小なプラズマを埋め込むことで、ダイナミックに変化する負の屈折率状態を世界で始めて観測しました(図1)。マイクロ波に対してこのような効果を示す構造をデバイス化して、将来の無線通信技術を支える新規ハードウェアとして発展させることを目指しています。



■ミクロンサイズ微粒子の表面修飾法に関するプロセス開発

・ミリメートルよりさらに小さなマイクロメートルサイズの微粒子は、電子産業のみならず、食品・化粧品等も含め、実に様々な産業において活躍しています。その表面にいかにか高機能性を持たせるか、どのようにしてそのプロセスを実現するかがポイントであり、我々は主には大気圧プラズマを用いる手法を提案し、実際に開発を進めています。例えば、最近、マイクロメートルサイズの微粒子の表面に炭素被膜を成膜したり、金属ナノ粒子集団の自己組織化構造の形成に成功(図2)したりしています。

図1. 動的な負の屈折率体の概念図(上)と実験で生成された実構造(下)。



■ミクロンサイズ微粒子集団の診断と応用検討

・ミクロンサイズの微粒子に表面設計などで高機能性を付与するのに成功すると、その微粒子1個1個が単独のデバイスとなったり、その集合体が非常に特異な出力を示したりするようになります。我々は、そのような微粒子に外力による可動性を持たせたり、あるいは集団としての振る舞いを電気・光応答で診断したりしています。将来的には、「メタマテリアル」のテーマと融合させ、赤外光に対する動的な特異媒質の創成へつなげたり、あるいは新規のエネルギーデバイスへ展開させたりすることを検討しています。

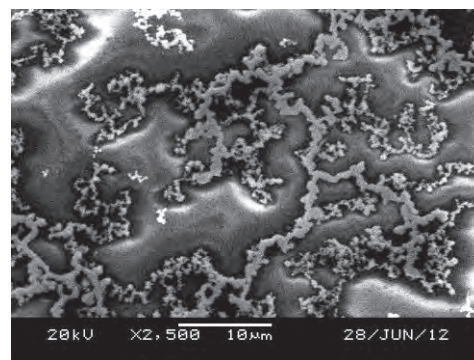


図2. 大気圧プラズマプロセスにより形成された銀ナノ粒子のフラクタル状ネットワーク構造。半透明かつ導電性を示し、特異な光学応答性も示す。平面上ならびに微粒子上での形成に成功した。

＜特許・共同研究等の状況＞

・随時、特許の出願などを行っています。また、上記テーマに直接関係は無くとも、応用可能な技術(例: 大気圧プラズマによる表面改質 等)の産業応用について、技術展開を前向きに支援させていただきます。

データ分析支援環境の構築による知識創発支援

関連するSDGsの国際目標

9 産業と技術革新の基盤をつくろう

4 質の高い教育をみんなに

5 ジェンダー平等を實現しよう

工学部 電子システム工学科 教授 砂山 渡

研究分野 : データマイニング, 知能情報工学, データサイエンス

世の中では、多様かつ膨大なデータが蓄積される一方、それらを分析するための環境の不足、また分析する人間のスキル不足により、データが有効に活用されていない現状があります。そこで、さまざまな目的に対応できる汎用型データ分析環境の開発、ならびにデータ分析スキルの獲得を支援する環境を構築しています。

■ データ分析のための統合環境TETDM

複数のデータ分析ツールを1つの環境内で扱うことができる統合環境TETDM(<https://tetdm.jp>)を開発しています(図1)。データ分析のプロセス

1. データ収集
2. データ分析
3. 分析結果の収集 (思考の発散)
4. 知識創発 (思考の収束)

のそれぞれを支援することで、分析結果を単に集めるのではなく、得た結果を有効活用できるシナリオの構築までを支援します。すなわち、データの背後に潜む、本質的な因果関係を知識として発見し、発見された知識をもとに次の活動の戦略へとつなげます。

データの有効活用を見込むニーズに対して、本統合環境をカスタマイズして、多様な目的に活用できます。

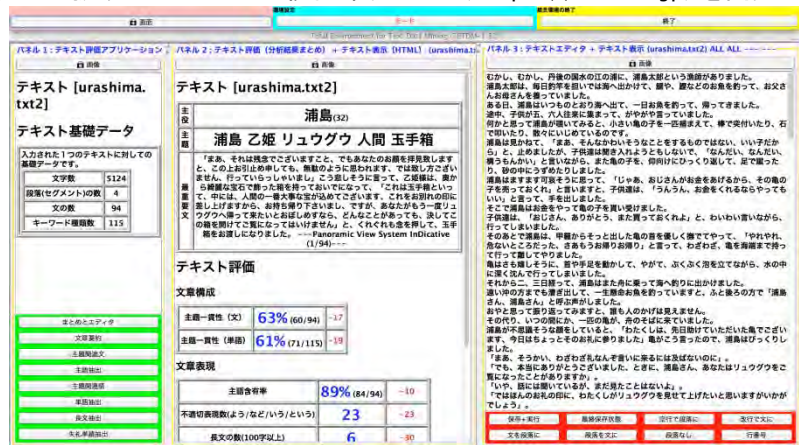


図1 TETDMによるテキスト分析結果の表示例

■ データ分析スキルの獲得支援

データが示す結果の意味を解釈して、データの背後に潜む本質的な知識を理解できるのは、データマイニングの専門家ではなく、データの活用を見込む現場の人間です。そのため、データを活用したい現場の人間が、さまざまな人のデータ分析時の操作内容を再現、確認できるインタフェースを提供することで、データ分析のスキルを身につけられる環境の構築を目指しています。

スキル獲得は、本質を表す簡潔な知識の説明とその繰り返しによる経験で実現されます。その経験を助けるための音声ナビゲーションを行うシステムの開発や、人間の解釈を支援するためのインタフェースを構築しています。最近では、深層学習をデータ分析に取り入れた研究(図2, 図3)も行っています。

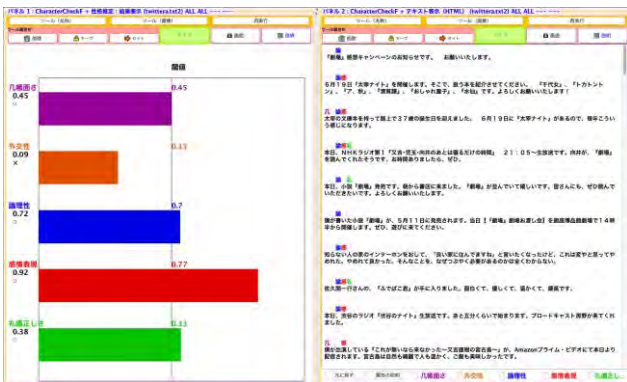


図2 深層学習を用いたデータ分析結果の表示例

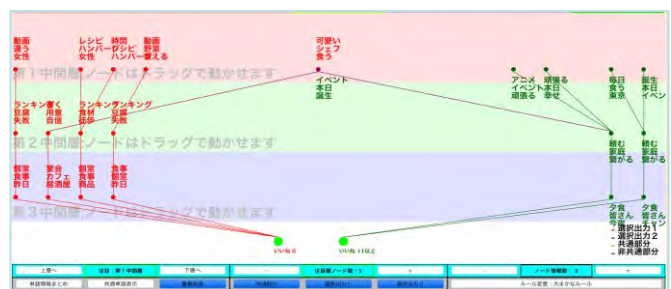
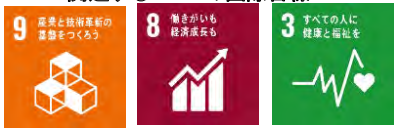


図3 深層学習の学習結果の解釈支援によるパターン理解

ICT技術を活用した各種産業における課題の可視化とその応用

関連するSDGsの国際目標



工学部 電子システム工学科 准教授 宮城 茂幸

研究分野：デジタル信号処理、画像処理、時系列解析

ICT技術の発展により、これまで考えられなかったような装置が出現しています。その例として、被写体までの距離を測定できるカメラや各種センサを搭載したセンサモジュール等が挙げられます。本研究ではこのような機器を利用し、工業・農業だけでなくサービス産業や観光業といった幅広い産業を対象とし、それらの産業で発生する課題の見える化を行います。またその結果を実際の現場へ展開し、現場で発生する課題解決の手段を提供することを目指しています。

■深度画像処理の応用

従来のRGB画像とは異なり、深度画像ではカメラから対象物までの距離を測定し可視化することができます。この性質を利用すると物体の形状をデータとして取得することができ、RGBカメラの情報と組み合わせることにより、様々な分野へ応用が考えられます。

例えば、物体形状を取得し体積を推定する、あるいは形状の変化度合いを推定するといった処理が可能であり、これを活かした積荷の監視システムへの応用に取り組んでいます。



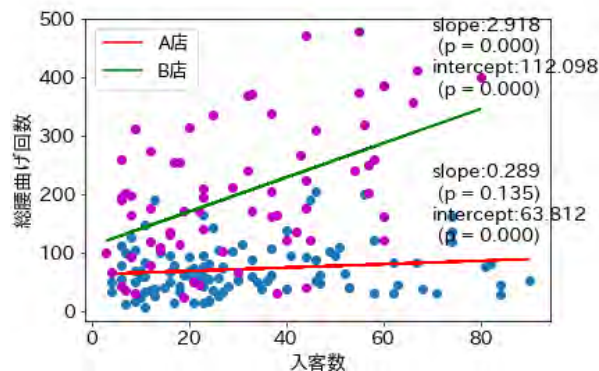
物体形状の再現事例。得られたデータからパレット上の積荷の体積推定を行っています。

■センサー信号による行動識別

さまざまなセンサが小型化され日常で利用されている機器に搭載されています。例えばスマートフォンには少なくとも5種類以上のセンサが搭載されています。各種センサの信号を解析することにより、人間の行動を推定することができます。歩行やジョギングあるいは車両への搭乗といった行動の推定はすでに実用化されています。これら以外にもより複雑な行動を把握できる可能性があり、様々な分野での人間の行動を識別することに取り組んでいます。

■センシングの畜産応用

センサは人に利用するだけでなく家畜への応用も可能です。多頭飼育時における子牛の健康状態を推定するために、センサから取得した加速度の解析手法を検討しています。



同一の業務にも関わらず、店舗により腰曲げ（負担）の違いが発生していることを客観的に把握できます。

<特許・共同研究等の状況>

- 株式会社 Air Business Club: 物流システムにおける需要予測、配送ルート設定、パレット等画像分析に係る手法の検討（令和元年度～）
- 株式会社 ゴーシュー: サーボモータの故障検出手法およびセンサ配置の探索（令和2年度～4年度）
- 日本ポリスター株式会社: 画像解析による熱シールローラ表面および熱シールホルダー表面の汚損検査方法の開発（令和2年度～3年度）
- 株式会社フォーカスシステムズ: 畜牛向けIoTデバイス開発に関する研究（令和3年度～4年度） 本学秋山毅准教授との共同研究

ウェブ知能を活用した時空間情報システムに関する研究

関連するSDGsの国際目標



工学部 電子システム工学科 准教授 服部 峻

研究分野：ウェブ知能、時空間DB、ゲーム情報学

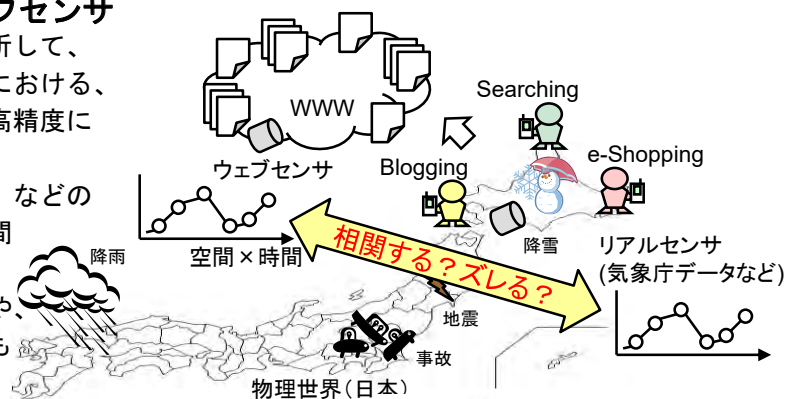
研究室HP：<https://www.e.usp.ac.jp/~hattori.s/>

爆発的に増大し続けるWWWに基づく人工知能であるウェブ知能を活用して、多種多様な時空間情報システムを研究開発する。主にモバイル・ユビキタス環境での情報アクセス技術であるが、ゲーム、教育、睡眠、看護などの分野における実応用にも取り組む。

■時空間依存データ抽出するウェブセンサ

ウェブ世界の情報資源や活動ログを解析して、任意の空間（物理世界）×時間（過去）における、任意の物理現象に関して時系列データを高精度に抽出する基盤技術を研究開発している。

これまでの研究では「地震」や「降雨」などの自然現象や「混雑」や「事故」などの人間社会現象を対象に取り組んで来ている。今後は、近未来の時空間依存データ予測や、SNSなどのWeb上での誹謗中傷対策などにも取り組んでいく。



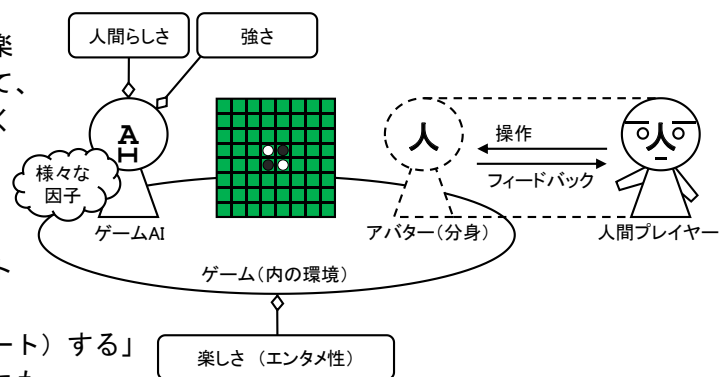
■モバイル自己抑制のためのコンテキスト（状況）認識

歩きスマホやスマホ中毒などの社会問題を解決するため、モバイル・ユビキタス環境における情報アクセスを自己抑制する技術、及び、それを支えるコンテキスト・アウェアネス技術を研究開発している。これまでの研究では、モバイル端末のセンサデータに基づく「静止」「歩行」「階段昇り」「階段降り」などのコンテキスト認識、飲酒状態認識、セキュアなスマート空間であるセキュア空間の構築などに取り組んで来ている。



■ゲームAIのヒト型化

相手に「勝利する」ことではなく、相手を「楽しませる」ことを目指すゲームAIの実現に向けて、ゲームAIを人間プレイヤーのように、人間らしく振る舞えるように「ヒト型化」する技術を研究開発している。これまでの研究では、オセロAIのヒト型化だけであるが、今後は、他のボードゲームや、他のゲームジャンルのゲームAIのヒト型化などにも取り組んでいく。



また、「指導する」「接待する」「悪戯（チート）する」など、人間プレイヤーのように多種多様な意図にも。

■その他

- ・ 顔表情変化を有する対話応答AIのキャラ型化（「ツンデレ」など個性の付与）
- ・ 教育指向Javaコンパイラを用いたeTA（Teaching AssistantのAI化）

<特許・共同研究等の状況>

- ・ 令和4-8年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）基盤研究（B）
- 「脳卒中失語症者の社会性回復を目指したcommunionの実装」（研究分担、研究代表者：山下 裕紀）

画像計測システムによる観測技術の確立

関連するSDGsの国際目標

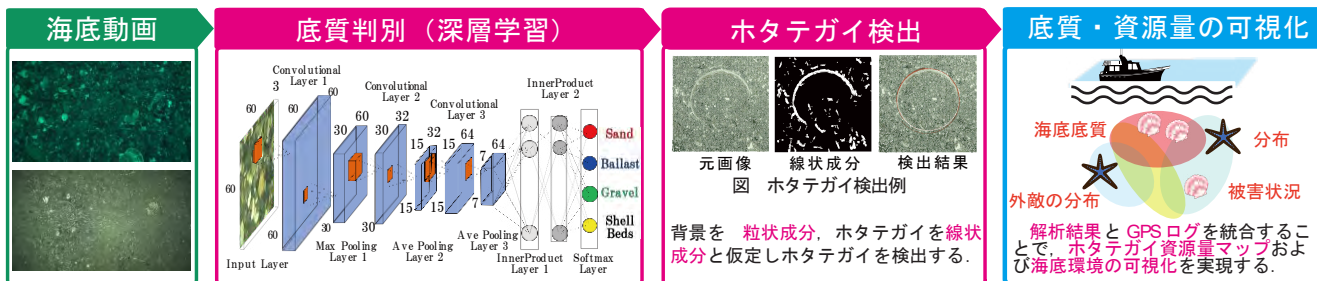


工学部 電子システム工学科 講師 榎本 洸一郎
研究分野 : システム情報科学、画像工学、計測支援

農林水産業・自然・生物
など様々な分野に対して、
画像計測システムの開発を
通して、新たな知見の発掘
に取り組んでいます。



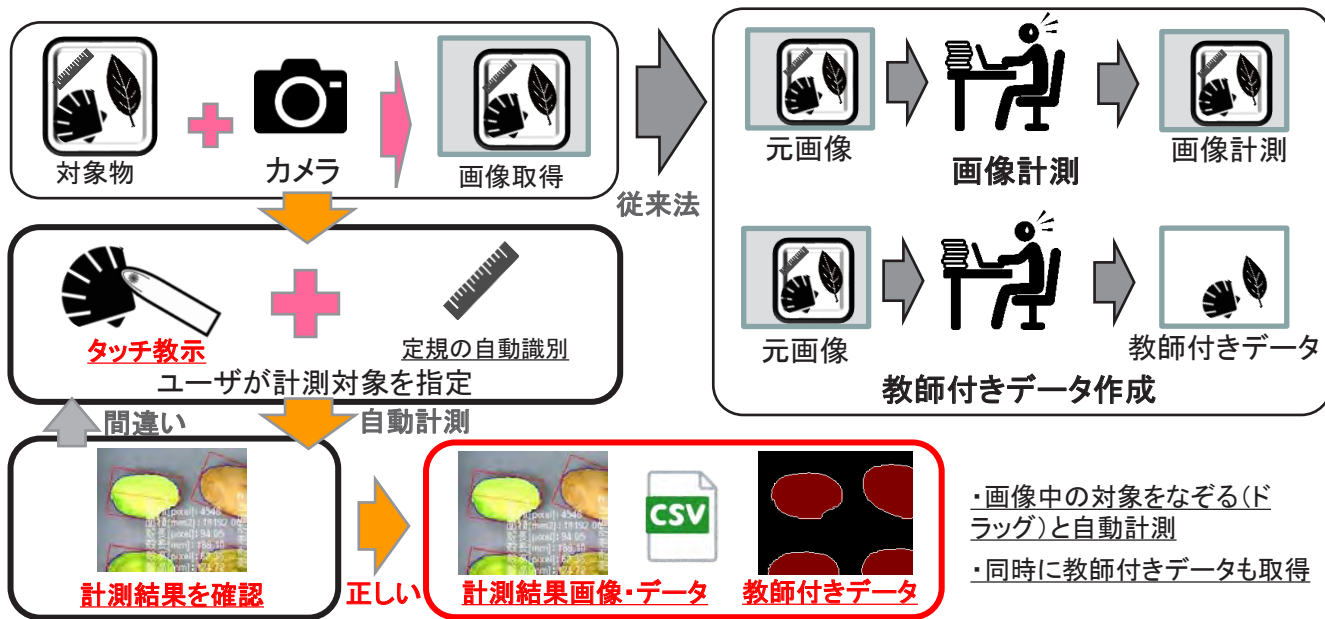
ホタテガイ漁業のための自動計測システムと海底可視化



<共同研究>

・北海道総合研究機構 網走水産試験場、工業試験場、熊本大学、恵比寿システム（株）

「TouchDeMeasure」：画像計測と教師付きデータの同時支援ツール



- ・画像中の対象をなぞる(ドラッグ)と自動計測
- ・同時に教師付きデータも取得

<特許・共同研究等の状況>

- ・共同研究先：北海道総合研究機構、全国各地の水産研究機関、（株）CIEL
- ・製品化：（株）CIEL、新潟エスラボとの共同研究による角層細胞計測ソフトウェアの一機能

物理現象を記述する偏微分方程式の数学解析



地域ひと・モノ・未来情報研究センター

准教授 杉山 裕介

研究分野 : 偏微分方程式

熱、微生物、半導体中の電子の動き（拡散現象）、気体や弾性体内を伝わる密度波、道路を走り交差する車両の粗密（波動現象）などは、偏微分方程式を使って記述することができる。コンピュータの発展に伴って、数値計算で近似解を計算することは容易になってきたが、近似やモデルの正当化はもちろん、近似の精度が落ちてしまうような無限個の情報や特異点を含むような計算には、数学が必要不可欠となる。微積分、幾何学、確率論などを用いて、このような偏微分方程式の研究を行っている。

■波動現象を記述する双曲型偏微分方程式の研究

気体や弾性体内を伝わる密度波や道路を走り交差する車両の粗密などは、双曲型偏微分方程式（もしくは、波動方程式）と呼ばれる微分方程式で記述することができる。これらの現象を記述する方程式は、一般に、非線形である。つまり、波の重ね合わせの原理が成立しない。このような非線形の方程式においては、初期データが滑らかであっても、有限時間でその滑らかさが失われるような現象（特異性）が発生し得る。特異点付近では、不安定性が生じ、数値計算も適用が難しくなる場合が多い。我々の研究では、様々な双曲型偏微分方程式に対して、特異性が発生する条件やその種類、さらに発生する時刻の評価などを与えた。

共同研究者：Yunguang Lu(中国 浙江科学技術大学), Yanbo Hu(中国 浙江科学技術大学)

参考文献

- [1] Y.-G. Lu, Y. Sugiyama, Existence and nonexistence theorems for global weak solutions to quasilinear wave equations for the elasticity, *Applied Mathematics Letters*, Vol. 84, (2018) 118-123.
- [2] Y. Sugiyama, Local solvability for a quasilinear wave equation with the far files degeneracy: 1D case, *Communications in Mathematical Sciences*, Vol. 21, (2023) 219-237.

■分数冪拡散項を持つ移流拡散方程式の解の漸近挙動

電場の影響を受けながら運動する半導体内の電子や化学物質の影響を受けながら拡散する粘菌の密度分布などは、移流拡散方程式で記述することができる。通常、拡散過程は、ブラウン運動に従うが、我々の研究では、拡散項を（通常ラプラシアンに対応した部分を）分数冪ラプラシアンに置き換えている。これによって、不連続な粒子の拡散過程を記述できるようにしている。半導体内の電子は、ドーパントをジャンプするように動くため、分数冪ラプラシアンに置き換えたモデルの方がより正確に物理現象を記述するとされている。我々の研究では、この方程式の可解性（解の存在や一意性）や解の漸近挙動（解が時間無限大の未来でどのような関数へと近づくか）という問題を研究した。

共同研究者：山本征法（新潟大学）

参考文献

- [1] M. Yamamoto, Y. Sugiyama, Asymptotic stability of stationary solutions to the drift-diffusion model with the fractional dissipation, *Journal of Evolution Equations*, Vol. 21, (2021) 1383 - 1417.
- [2] Y. Sugiyama, M. Yamamoto and K. Kato, Spatial-decay of solutions to the quasi-geostrophic equation with the critical and the supercritical dissipation, *Nonlinearity*, Vol. 32, (2019) 2467 - 2480.

学部学科等	職名	氏名	研究分野・キーワード	
工学部	材料化学科	教授 仲村 龍介	金属材料	
		教授 松岡 純	ガラス科学、熱物性、力学特性、無機材料	
		教授 奥 健夫	エネルギー環境材料、光、量子情報、エネルギー、太陽電池	
		准教授 宮村 弘	金属材料学、金属間化合物、表面処理	
		准教授 山田 明寛	無機材料	
		准教授 秋山 毅	エネルギー環境材料	
		講師 阿部 聡子	固体物理学、回折結晶学、電子・熱物性、遷移金属酸化物	
		講師 西脇 瑞紀 (兼務)	無機材料	
		講師 鈴木 厚志	エネルギー環境材料 太陽電池 量子コンピューター	
		教授 徳満 勝久	有機複合材料、高分子物性	
		教授 金岡 鐘局	高分子精密合成、高分子機能	
		教授 北村 千寿	有機環境材料、有機化学	
		准教授 竹下 宏樹	高分子構造、高分子物性	
		准教授 谷本 智史	高分子機能設計、ブロックポリマー、相分離、ミセル、ペプチド、吸着、表面、界面、微粒子、バイオミネラルイゼーション、キチン・キトサン、貴金属イオン	
		准教授 加藤 真一郎	構造有機化学、超分子化学、物理有機化学	
		講師 木田 拓充 (兼務)	高分子物性、高分子構造、分光測定	
		講師 伊田 翔平	高分子合成、精密合成、リビング重合、高分子ゲル	
		講師 竹原 宗範	生体機能材料、応用微生物学、遺伝子工学、生物学、有機環境材料	
		機械システム工学科	教授 山根 浩二	内燃機関、バイオディーゼル、燃焼、ディーゼル噴霧、油化学
			教授 南川 久人	流体工学、混相流工学、気泡工学、ファインバブル
	教授 奥村 進		ライフサイクル工学、品質設計、メンテナンス工学	
	教授 門脇 光輝		偏微分方程式論、特に数学的散乱理論	
	教授 呉 志強		振動工学、計算工学、振動、共振、形状最適化、最適設計、FEM解析	
	教授 片山 仁志		制御工学、制御理論、システム工学	
	教授 田邊 裕貴		材料強度学、破壊力学、表面改質、非破壊検査	
	准教授 山野 光裕		ロボット工学、メカトロニクス、機械制御	
	准教授 橋本 宣慶		生産加工学、人間工学、人工現実感	
	准教授 河崎 澄		内燃機関、熱工学、燃焼工学、カーボンニュートラル	
	准教授 安田 孝宏		流体工学、流体騒音	
	准教授 大浦 靖典		機械ダイナミクス、振動工学	
	准教授 和泉 遊以		材料強度学、破壊力学、表面改質、非破壊検査	
	講師 西岡 靖貴		アクチュエーター、ソフトメカニクス、空気圧制御システム	
	講師 田中 昂		機械力学、振動工学、構造ヘルスマニタリング	
	講師 出島 一仁	熱工学、伝熱工学、MEMS		
	講師 嵯峨 拓真	人間工学、Brain-machine interface		
電子システム工学科	教授 柳澤 淳一	デバイス工学、半導体プロセス工学、イオンビーム工学		
	教授 岸根 桂路	集積システム、超高速通信システム、アナログ・デジタル混載集積回路、センサシステム		
	准教授 一宮 正義	デバイス工学、光物性、超高速分光		
	准教授 土谷 亮	集積回路、アナログRF回路、低消費電力技術		
	講師 井上 敏之	集積回路、無線通信、光ファイバ無線		
	講師 番 貴彦	半導体デバイス、記憶素子、ナノ粒子、2次元材料		
	教授 作田 健	センシング工学、磁気計測、磁気センシング応用		
	教授 坂本 真一	未利用エネルギー、創エネルギー、環境発電、熱音響、超音波、時系列解析		
	准教授 小林 成貴	走査型プローブ顕微鏡、表面・界面科学		
	講師 平山 智士	電磁流体力学、プラズマ工学		
	教授 酒井 道	メタマテリアル科学、プラズマ理工学		
	教授 砂山 渡	データマイニング、知能情報工学、教育工学		
	准教授 宮城 茂幸	デジタル信号処理、画像処理、時系列解析		
	准教授 服部 峻	ウェブ知能、時空間DB、ゲーム情報学		
	講師 榎本 洸一郎	画像工学、システム情報科学、農林水産業、実応用		
ガラス工学研究センター	センター長 徳満 勝久 (兼務)	有機複合材料、高分子物性		
	教授 松岡 純 (兼務)	ガラス科学、熱物性、力学特性、無機材料		
	准教授 山田 明寛 (兼務)	無機材料		
	講師 西脇 瑞紀	無機材料		
講師 木田 拓充	高分子物性、高分子構造、分光測定			

【滋賀県立大学 研究者一覧】

研究者別 研究分野・キーワード一覧

学部学科等	職名	氏名	研究分野・キーワード
地域ひと・モノ・未来 情報研究センター	センター長	酒井 道 (兼務)	メタマテリアル科学、プラズマ理工学
	准教授	杉山 裕介	偏微分方程式

※詳しい研究者情報は、ホームページ (<http://db.spins.usp.ac.jp/>) をご覧ください。