

先端ものづくり分野

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



12 つくる責任
つかう責任



13 気候変動に
具体的な対策を

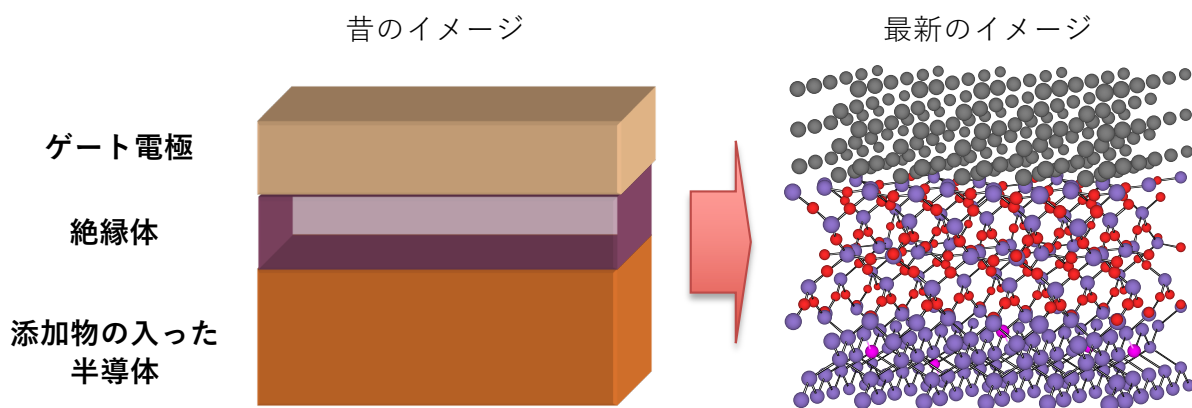


量子物理学に基づく新しい半導体の探索

近年生成AI技術が急速に進歩し普及していますが、生成AIの開発においては膨大な数の超高性能な半導体を利用し莫大なエネルギーを消費するため、単に高性能であるだけでなく消費エネルギーがずっと少ない全く新しい半導体の開発が期待されています。

大量の自由電子が流れて電気を運ぶため電気の流れの微妙な操作ができない金属の中と違い、半導体の中ではわずかな数のキャリアと呼ばれる粒子が電気を運ぶため、電気の流れを自由自在に操作できるところが特徴です。しかも、電気の流れを電気で操作することができるので、ドミノ倒しのようにして複雑な計算を一瞬でやり遂げることもできます。そこで、キャリアの流れをいかに効率よく操作できるのか、が半導体の性能を高めると同時に消費エネルギーを低減するためには欠かせないことになります。

半導体では、電気の流れ方が異なるさまざまな材料を原子のスケールで複雑に組み合わせることで、効率の良い操作を実現しています。従って、より効率の良い操作を実現するためには、新しい組み合わせの半導体を原子スケールで開発することが必要です。原子スケールでの開発には、電子物理工学の知識、とりわけ量子物理学の知識が欠かせません。最先端の量子物理学の知識を応用して、新しい半導体を探索しています。



関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：電子物理工学、半導体応用システム、機能創成化学
ITスペシャリストなどの数理・データサイエンス・IT・デジタル分野の知識も有用です。

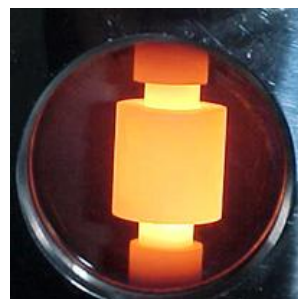
(連絡先) 影島 博之 (かげしま ひろゆき)
徐 仁成 (ソ インソン)

kageshima@riko.shimane-u.jp
seo@riko.shimane-u.ac.jp

粉末冶金プロセスによる材料合成の研究

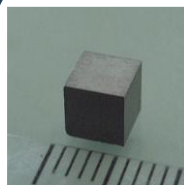
粉末冶金とは、粉末原料から出発し、形状付与・成形およびこれに続く焼結により緻密な材料を得る材料製造技術です。

通電焼結法は通電加熱を特徴とする加圧焼結法の一つです。型にセットした材料に一軸加圧とともに大電流を印加し、型および材料の自己発熱を利用して焼結を行います（右図）。短時間での焼結が可能という利点を有すること、金属、セラミックスなど、さまざまな材料に適用できることから、焼結分野において急速に広まった技術です。



本研究室では粉末冶金プロセス、特に通電焼結法を用いて、金属材料、エネルギー変換材料、複合材料、蓄光材料などの合成、焼結に関する研究を行っています（下図）。

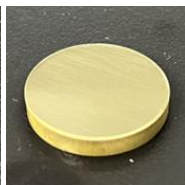
通電焼結法による各種材料



熱電変換材料
(Bi_2Te_3)



チタン
(Ti)



真鍮
(Cu-Zn)



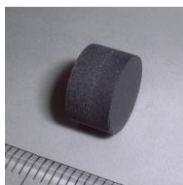
酸化亜鉛
(ZnO)



長残光蛍光体
(SrAl_2O_4)



ルビー
($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$)



石炭灰
($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$)

関連する2,3年次での学び

関連の深い履修モデル：電子物理工学、機能創成化学

- 物理、化学の知識を土台にした材料工学的研究をします。
- 材料を“創る”ことに興味のある学生を歓迎します。

究極な省エネを実現する機能性酸化物材料 (超伝導材料, 金属－絶縁体転移材料, 半導体材料)

私たちの生活は様々な“マテリアル（＝材料）”で成り立っています。車や建築物などの強度を保つための構造材料，スマートフォン・タブレットやテレビ・パソコンなどを快適に動作させるための機能材料など，“マテリアル”は欠かせないものとなっています。その中でも、私は酸化物（＝セラミックス）の機能に着目し、限りあるエネルギーを有効に活用できるような機能性酸化物材料の創製に取り組んでいます。

特に注目しているのは「電気特性」です。具体的には、とある温度以下まで冷やすと突然電気抵抗が無くなる「銅酸化物超伝導体」や、逆にとある温度で電気抵抗が数桁上昇する「金属(遮光)－絶縁(透光)体転移材料」，また、透明で電気を流す「透明半導体」などの電気特性を向上させるための作製プロセスを研究しています。これらの特異な機能発現のメカニズムを解明することで、さらなる高機能化を目指すだけでなく、その他の機能を持たせるためのヒントを探ります。これらの機能性酸化物材料は、電気をロスなしで送電したり、室内の温度上昇を自然に防いだり、消費電力を抑えたりすることができ、究極な省エネを実現できます。

銅酸化物高温超伝導体

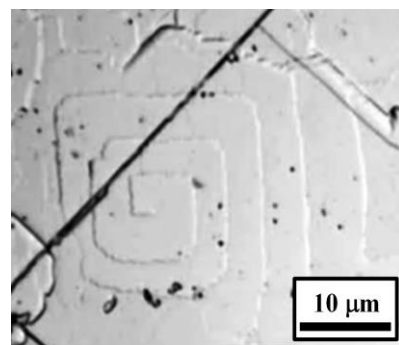
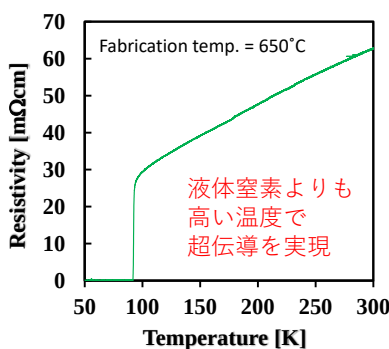
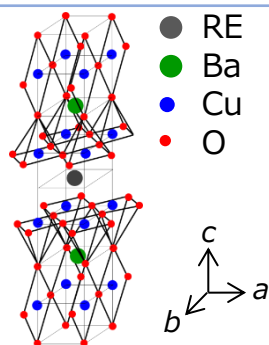


Fig. 銅酸化物高温超伝導体の1種であるREBa₂Cu₃O_yの結晶構造，電気抵抗の消失，スパイラル成長

関連する2, 3年次での学び

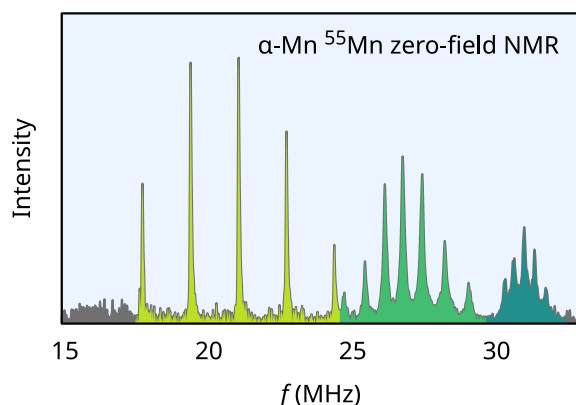
関連の深い履修モデル：電子物理工学，半導体応用システム，機能創成化学など
学問としては，電磁気学，固体物理学，物質工学，半導体工学，応用電子工学
などのほか，実験を伴う研究なので，物理学実験も役立ちます



磁性体や超伝導体の性質を原子核で見る研究

真砂研究室では金属の磁性や超伝導といった様々な電子状態の基礎的研究を行っています。これらは強相関電子系とよばれる物質で多く見られ、量子力学で理解されます。磁性体は磁石として、超伝導体は医療用 MRI（磁気共鳴画像）や磁気浮上式リニアモーターカーの電磁石などに応用されています。

私たちは核磁気共鳴法（NMR）という、原子核を使って物質の情報を得る実験手法を用いて、こうした物質の低温での電子状態を調べています。最近では金属マンガンで出現する反強磁性状態の研究を行い、特殊な磁気構造の解明につながる結果が得られました。これは反強磁性体の将来の応用に向けた重要な一歩であると考えられます。この他にも新たな超伝導の仕組みを明らかにするための研究も行っています。



反強磁性状態のマンガンの NMR スペクトル。スペクトルは磁氣的性質の解明のための決定的証拠となります。

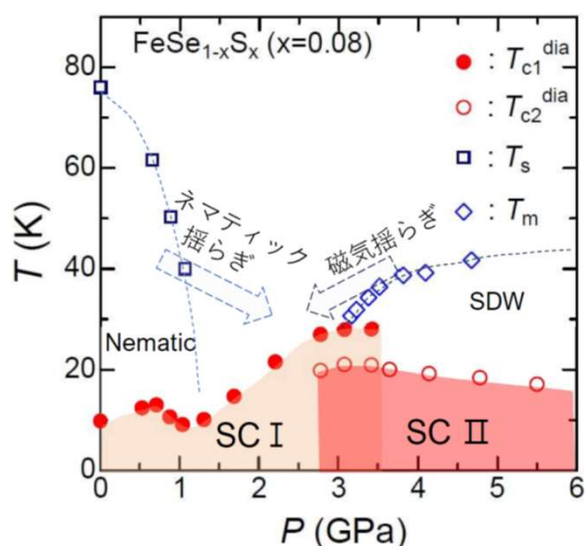
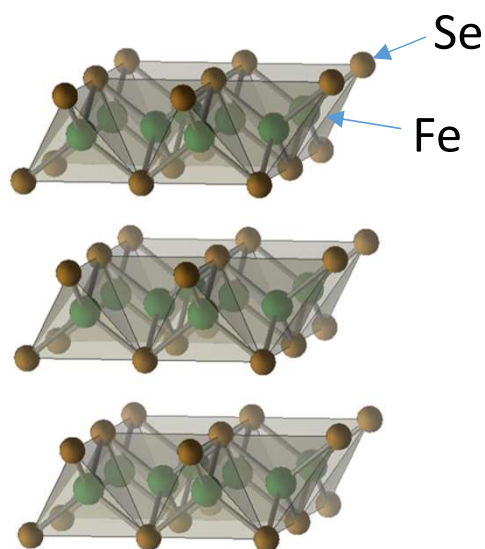
関連する 2, 3 年次での学び

関連の深い履修モデル：電子物理工学、機能創成化学など
力学、電磁気学、量子力学、熱統計力学、固体物理学などの知識や、物理学実験の実験技術はとても役立ちます。

未来を拓く超伝導材料 ～ミクロ機構解明と新規材料創出～

私たちの明るい未来のためには、自然環境の保護や地球温暖化の抑制が不可欠であり、安価でクリーンなエネルギーが世界中に行き渡るようにする必要があります。超伝導材料は、電気抵抗がある臨界温度 T_c 以下でゼロになる特徴を持ち、医療用MRIやリニアモーターカーに現在利用されています。また、超伝導を利用した損失ゼロの送電、電力貯蔵、航空機用モーターなど多様な技術の研究開発が現在進行中であり、 T_c が高く安価で化学的に安定な超伝導材料が必要とされています。

三好研究室では、鉄系超伝導体の圧力相図の解明を通して超伝導発現機構についての理解を深め、新規超伝導材料の創出につなげようとしています。下左図は超伝導体FeSeの結晶構造、下右図は硫黄Sドーパ系FeSeの圧力相図です。



関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：電子物理工学、半導体応用、機能創成化学、
機械電気など

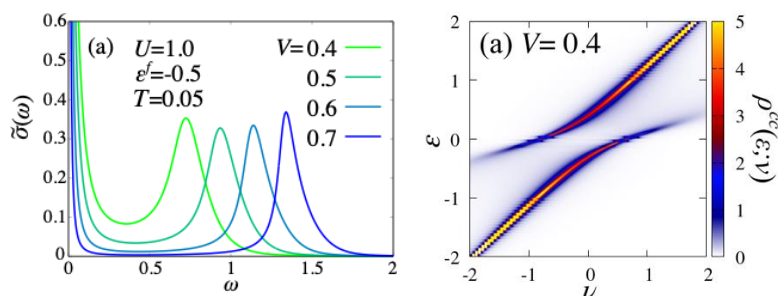
関連科目：物理系科目全般、固体物理学、材料化学系科目、半導体系科目、
計測工学系科目

固体内の電子状態に基づいた超伝導や磁性の理論的研究

磁石は、モーターなどの工業製品だけでなく、生活の様々な場面でも使われています。超伝導は、物質固有のある温度で物質の電気抵抗が消失する現象で、その特性を活かした超伝導コイルによる強力な電磁石が様々な技術に応用されています。また、超伝導が室温で実現すれば、電流損失のない送電や電力貯蔵が容易になるなど、エネルギー問題にも役立つ可能性が指摘されています。

磁石をはじめとした物質の磁氣的性質（磁性）や超伝導は、固体内の電子の持つ特徴的な性質に起因していて、広く電子物性と呼ばれます。固体内の電子状態は、日常で目にする物体の運動を記述する古典力学では決して理解できず、それを理解するためには量子力学（量子統計力学）の知識が必要になります。磁性や超伝導などの電子物性は、それらを応用するためにも、その発現機構の理解が必要ですが、実は、それらの性質の起源となる固体内の電子状態を理解すること自体が非常に困難であり、学問的にも重要な課題となっています。当研究室では、磁石に限らない様々な磁性や、従来の理論では発現機構が説明できない非従来型超伝導に関連する、電子間斥力の効果（相関効果）が重要となる系：強相関電子系と呼ばれる系の特徴的な電子物性を、固体内の電子状態に基づいて理論的・数値的に研究しています。

磁性イオンを含んだ価数揺動物質と呼ばれる化合物を念頭に置いた理論モデルにおける、光学伝導度に相当する量のエネルギー依存性（左図）と伝導電子のスペクトル関数の強度分布（右図）



関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：電子物理工学，機能創成化学など
力学，電磁気学，量子力学，熱統計力学，固体物理学，物理数学
などの知識や，物理学実験の経験はとても役立ちます。



物質探索と低温技術による磁性と超伝導の研究

本山研究室では、「磁性」や「超伝導」などの物質が示す様々な現象に興味を持っています。これらの現象は物質中の「電子の集団運動」に起因し、結晶構造や温度・磁場・圧力などの環境によって変化します。私たちはこれまでに培ってきた物質開発技術と低温環境下における様々な測定技術を生かして研究をしています。これら現象の仕組みを理解することは未来の材料開発につながります。

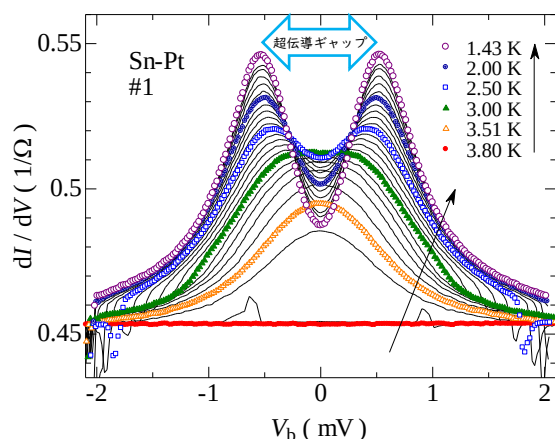


図1 トンネル分光測定. 超伝導波動関数のトンネル現象を利用した測定手法で、超伝導ギャップを観測できる。

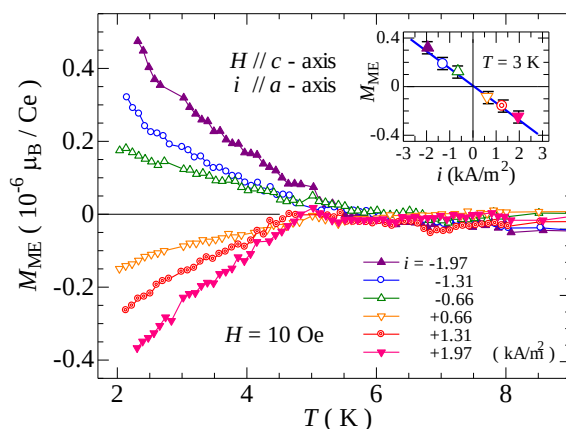


図2 電流誘起磁化測定. 電流によって磁化が誘起される新しい現象で、様々なデバイスへの応用が期待されている。

関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル : 電子物理工学, 機能創成化学など
力学, 電磁気学, 量子力学, 熱統計力学, 固体物理学などの知識や,
物理学実験の実験技術はとても役立ちます。

先端ものづくり分野

1 貧困をなくそう



7 エネルギーをみんなに
そしてクリーンに



8 働きがいも
経済成長も

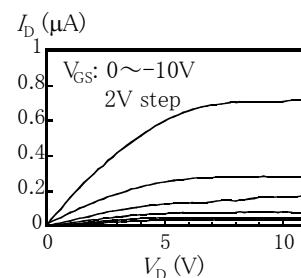
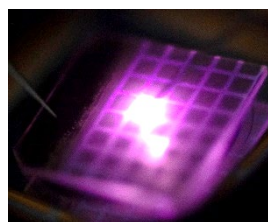
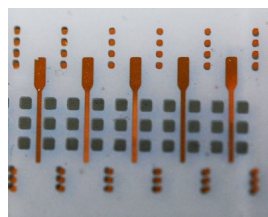
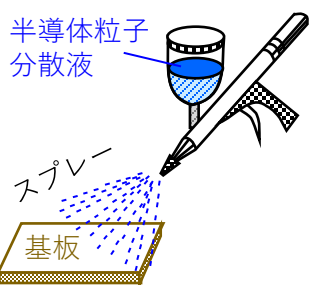
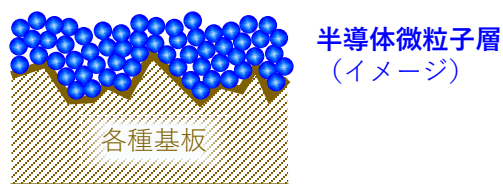


9 産業と技術革新の
基盤をつくろう



微粒子プロセスを用いた半導体デバイス研究

今は身の回りの様々なものにも「測る」「考える」「繋がる」といった機能が備わっており、これらほとんどすべては半導体デバイスで実現されています。これまでは、半導体デバイスを別に作り、後付けでいろいろなものに組み込む方法がとられてきました。半導体デバイスを作り込むにはそれに相応しい下地の材料が必要だからです。では、もしその下地の制限が無くなったらどうなるでしょう。当研究室では、半導体の微粒子プロセスを駆使して、大気中でも簡単に半導体として機能する層を得るための研究を行っています。高価な下地基板に大がかりな真空装置を使って作るこれまでの方法に対して、下地基板を選ばずスプレーで塗布するという簡便な方法で半導体層を作るのです。これにより、大幅な低コスト化も実現できるため、巨大資本が必要とされる半導体業界の常識を壊す新しい産業構造の提案にも繋がります。



図の説明：ZnO微粒子層で作った薄膜トランジスタ（\）とその特性グラフ（↑）、および発光ダイオード（←）

関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：半導体応用システム、電子物理工学、機械電気、機能創成化学。その他、半導体工学、電磁気学、量子力学などや、実験系科目（物理工学実験Ⅰ・Ⅱ、半導体工学実験など）の履修が望ましい。

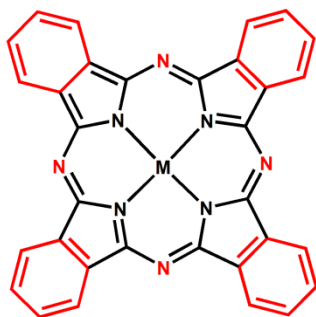


環状化合物を用いたアルツハイマー治療薬の創製

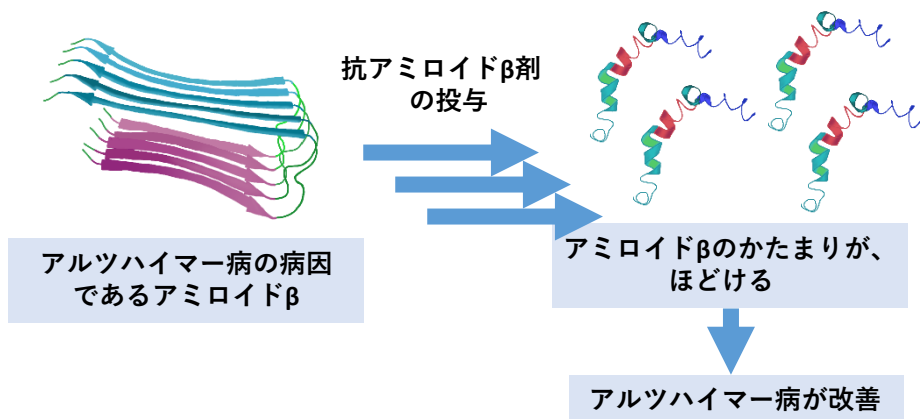
アルツハイマー病は、脳の神経細胞が本来の老化よりも早く減ってしまい、認知症が徐々に進行していく病気です。アルツハイマー病の原因は、アミロイド β というタンパク質が脳の中にたまることにより、神経細胞が障害されるためであることが分かってきました。

最近まで、アルツハイマー病を根治させるような薬はありませんでしたが、最近になって、抗アミロイド β 剤が開発されましたが、予防や早期治療の薬剤のみであり、根治を目的とした薬剤は開発されていません。アルツハイマー病患者を救うためには、薬効が高く、安価な薬剤の開発が必要です。当研究では、従来のアミロイド阻害剤とは異なり、ポルフィリノイドという環状化合物を用いることで、低分子(薬価を抑えることができる。)で、より効果の高い薬剤の開発を目指しています。

ポルフィリノイドの一例



アミロイド β のかたまりをポルフィリノイドによる阻害



関連する2, 3年次での学び

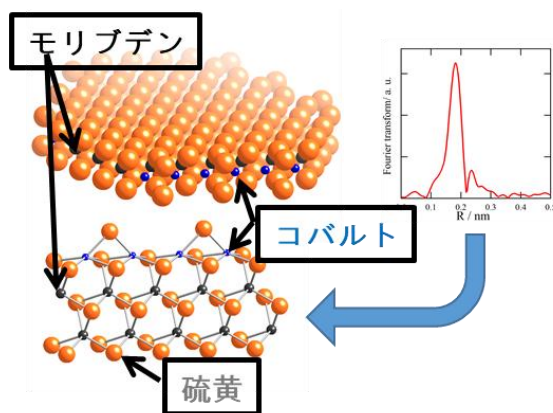
関連の深い履修モデル：機能創成化学人材養成モデル 特に、無機化学、有機化学、分析化学のような化学系の授業全般

生物無機化学などによる生物の知識も有用です。

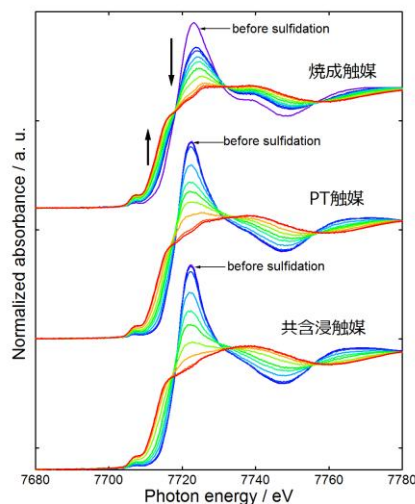
水素化精製触媒の機能解明と高機能化

原油には炭素と水素以外にも多くの不純物成分が含まれており、そのまま燃料として燃焼させたり、化学製品の原料とした場合に大気汚染物質排出の原因となるなど、様々な問題を引き起こします。現在は触媒を使ってこれらの不純物を除去していますが、さらなる燃料のクリーン化や化石資源の多様化など、用途に応じてカスタマイズされた触媒の開発が求められています。

我々は、石油を水素と反応させて有害物質を分離除去するための触媒の機能や性質を解明することを目的として研究を行っています。実際に触媒として機能しているモリブデンやコバルトの硫化物の性質を調べ、より高い性能を発揮できる触媒の開発を目指しています。さらに、X線を使った分析法などを駆使して、どのように触媒の表面上で反応が進行しているか調べるなど、基礎と実用の両面から研究を進めています。



X線を用いた分析により、脱硫触媒中の原子の詳細な配置を解析しています。



関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：機能創成化学、グリーンシステム科学など

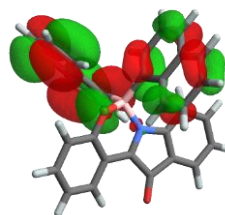
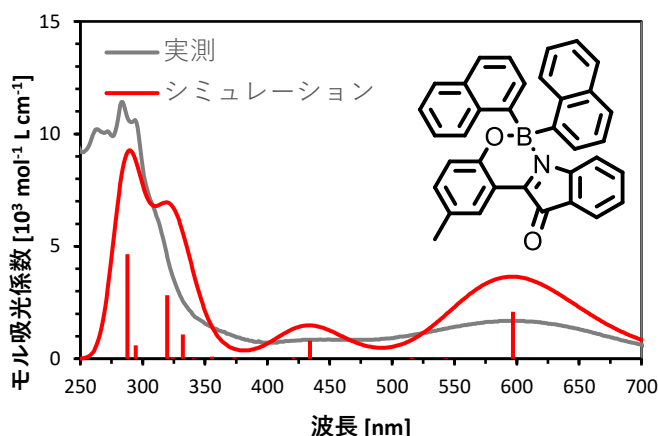
物理化学、触媒化学など化学の基礎的な内容をはじめとして、分光分析や固体科学、環境保全などについての分野も関連します。



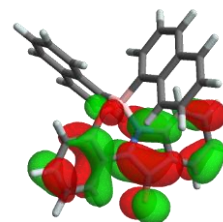
新規有機ホウ素化合物の合成とその光物性

本研究室では、有機化合物を主とした「物質」と「光」との相互作用、具体的には光反応の仕組みや、吸収・発光特性の理論的研究を行っています。

現在、特に注目しているのは、ホウ素を含む有機化合物の、吸収・発光特性についてです。既知化合物の情報や分子軌道計算の結果をもとに、新たな分子を設計・合成し、その吸収・発光特性を詳しく調べることで、新たな光機能材料の相性を目指しています。



最高被占軌道



最低空軌道

本研究室で合成された新規ポリン酸化合物の吸収スペクトルとそのシミュレーション結果。600 nm付近の吸収は、最高被占軌道から最低空軌道への遷移であることがわかる。

関連する2, 3年次での学び

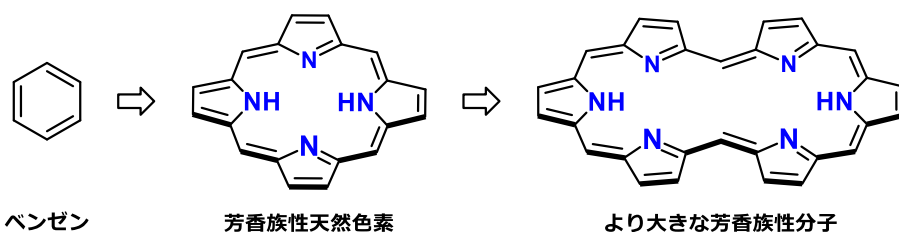
関連の深い履修モデル：機能創生化学人材、グリーンシステム科学人材など
有機化学、物理化学、機器分析化学をはじめや量子化学の基礎知識や、環境エネルギー化学（自然環境・住環境分野）も有用です。



新奇的な芳香族化合物の創製と機能解明

構造有機化学研究室では、芳香族性をキーワードに有機合成化学を駆使した物質創製と機能解明を推進しています。芳香族性は有機化学における最重要概念のひとつですが、その定義は曖昧であり、端的に言えば分子構造が一定の条件を満たしたときに発現する安定化作用のことです。最も基本的な芳香族化合物“ベンゼン（亀の甲）”が連なった有機化合物群は多環芳香族炭化水素と呼ばれ、その分子内外で電流を流しやすい性質を持つだけでなく、骨格が非常に堅牢であるため、完全に制御されたバルクの集合体は理論上あらゆる金属材料を凌駕する強度を示すと予想されています。これらの性質が組み合わさることで、導電性・熱伝導性・機械的強度の観点から金属代替材料の有用な候補となり、有機物であることによる柔軟性・軽量性に由来する高い成形性や運搬コストの低減で産業分野に貢献することが期待されます。

しかしながら、芳香族骨格の中心となる炭素－炭素結合は形成手段が限られます。そこで当研究室では、自然界にも存在する色素化合物にヒントを得て、炭素以外の骨格からなる芳香族化合物の創製や芳香族性に相当する安定化効果を発現させる研究を行い、消費エネルギーの低減や、レアメタルフリーで貿易摩擦の影響を受けにくい材料開発へとつながる概念の創出を目指します。このことは、有機化学という学問分野とそれを利用する産業が生み出した環境負荷の問題は有機化学でなければ解決できないという信念にも基づいています。



関連の深い履修モデル

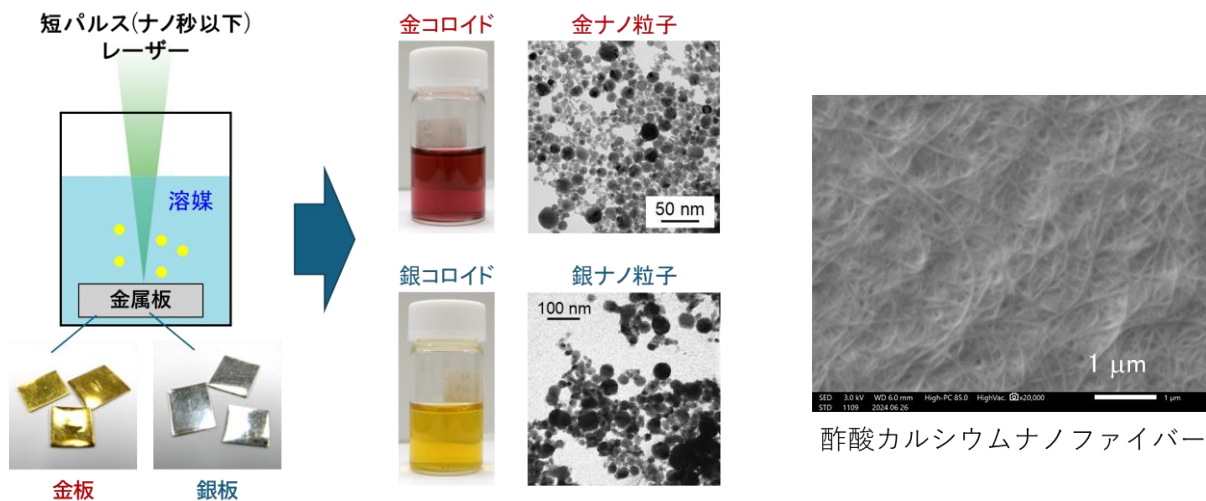
先端ものづくり分野：機能創成化学

自然環境・住環境分野：グリーンシステム科学，環境保全科学 など

液中レーザープロセスを用いた機能性ナノ材料の作製

ナノ(10^{-9})秒といった短い時間のパルスレーザーを照射すると、瞬間的に高エネルギー状態になった材料が蒸発しますが、材料が液体中に置かれている場合、材料から噴出した物質が液体で冷却され、コロイド状のナノ粒子を形成します。ナノ粒子化は、材料の機能の有効利用や、新たな機能の発現に有効な手法ですが、上記の方法（液中レーザープロセス）は、ナノ材料を簡単にかつ有害物質を用いずに作製する方法と注目されています。

本研究室では、この方法をナノサイズの二酸化炭素吸着材、触媒、導電材料を作製する方法として活用するために必要な、生成効率の向上、大きさや構造をコントロールするための手法の開発、メカニズムの解明に取り組んでいます。



関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：機能創成化学、電子物理工学、グリーンシステム科学など

先端ものづくり分野

履修モデル

機能創成化学
グリーンシステム科学

オススメ!

9 産業と技術革新の
基盤をつくろう



12 つくる責任
つかう責任



有機反応化学

担当教員：中田 健也
機能創成化学プログラム

医薬品，農薬，機能材料の
高効率な生産を可能とする
新しい合成反応の開発

研究分野

有機化学，不斉合成化学
有機分子触媒，生理活性物質
化学系薬学，有機金属化学

履修科目

担当科目(例)
反応の化学，有機化学1

機能創成化学

オススメ!

有機化学

グリーン
システム科学

活躍の分野

医薬

農薬

香料

材料

有機合成化学は物質を
創成する中核的な学問領域

多岐にわたる分野での活躍が期待
力量ある社会実装

質問いつでも受け付けます
総合理工学部3号館407室
中田まで連絡ください
nakata@riko.shimane-u.ac.jp



NAKATA_LAB

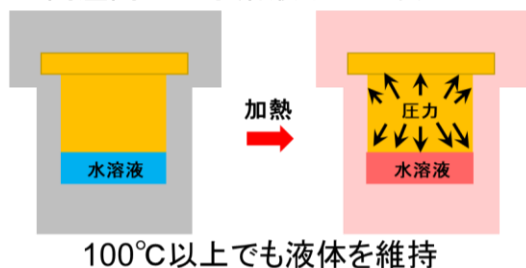
「水熱法」で合成するセラミックスナノ粒子

本研究室では「水熱法」を用いて、セラミックスナノ粒子を合成する研究を行っています。水熱法は密閉容器内で100℃以上の高温高压の溶液を利用し、低エネルギーかつ温和な条件下でセラミックスを合成できる方法です。

現在、機械学習を活用しながら、ナノ粒子のサイズや形状を制御する技術について研究しています。応用として、磁性ナノ粒子(がん治療:ハイパーサーミア)、ジルコニアナノ粒子(燃料電池材料)の研究を進め、新しい機能性材料の開発を目指しています。

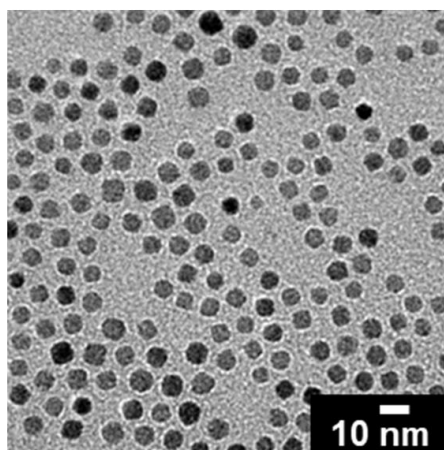
水熱法

高温高压の水溶液下での反応



→通常の水溶液中では困難な
“セラミックスの結晶生成・成長”が起こる

磁性ナノ粒子の電子顕微鏡像

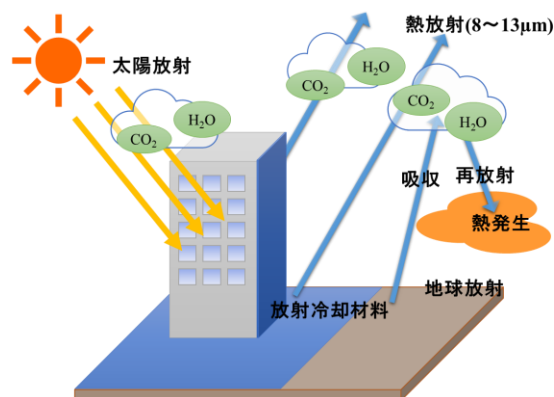


関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：機能創生化学、グリーンシステム科学など
無機系の材料、化学、物理化学をはじめ、環境セラミックスなどの自然環境・住環境分野の学びも関連します。

環境調和型セラミックス材料の設計

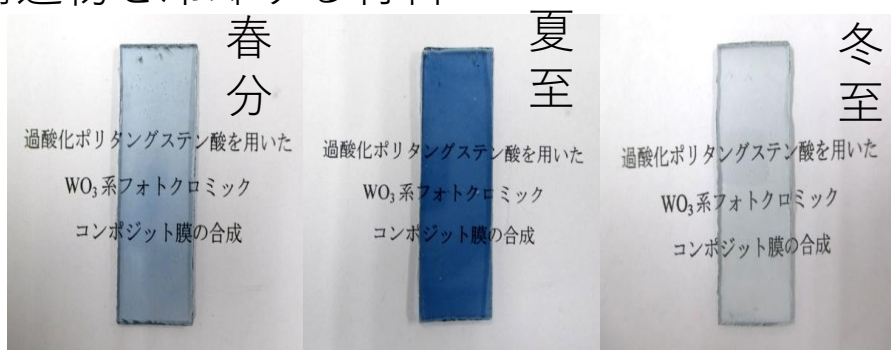
身の回りには、セラミックスおよびセラミックスをベースとした複合材料が広く使用されています。例として、調光材料（温度や光によって透光性を調節する材料）、蛍光体（発光材料）、誘電体、触媒材料など様々です。セラミックス研究室では、環境調和型セラミックス材料・セラミックス複合材料の合成・評価を行っています。



人工光合成による燃料合成



無電力で構造物を冷却する材料



季節によって太陽光の透過を制御するフィルム

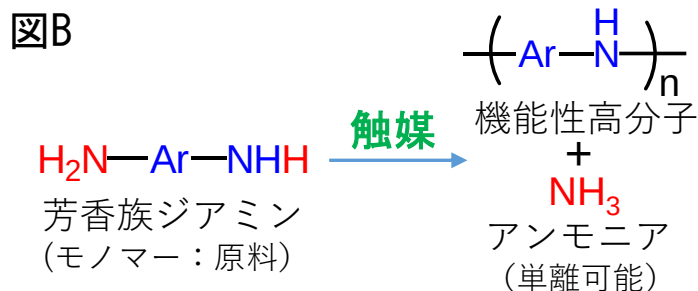
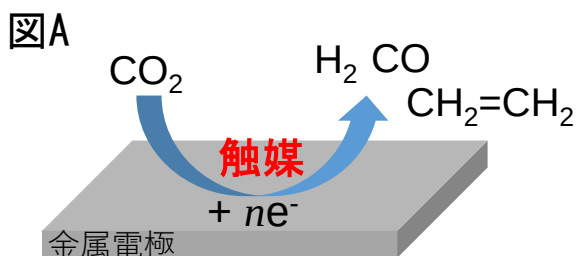
関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：「機能創成化学」「グリーンシステム科学」
固体物理学、建築などの自然環境・住環境分野の知識も有用です。

環境問題解決の糸口となる物質の創生

大気中のCO₂は地球温暖化の一因とされており、CO₂の排出削減は喫緊の課題となっています。一方、CO₂を有効利用する取り組みも行われています。その一つに、CO₂電解還元があります。CO₂電解還元は、金属電極を用いて溶液中のCO₂を還元するもので、工業的に有用な物質（水素、一酸化炭素、エチレン、酢酸など）をつくることができます（図A）。しかし、金属電極だけを用いたCO₂電解還元は、あまり効率がよくありません。当研究室では、**高活性CO₂電解還元触媒となる有機化合物や高分子化合物の合成と触媒活性評価**に関する研究を行っています。高活性な触媒が開発できれば、CO₂の有効利用による環境問題解決の一助となることが期待されます。

高分子化合物の合成法の一つに「重縮合」があります。身の回りの様々なプラスチック(高分子化合物)が、重縮合により製造されています。これらの製造過程では、一部を除き、副産物は廃棄されています。アンモニアは、燃焼時にCO₂が発生しないため、次世代のエネルギー源として注目されています。当研究室では、金属錯体を触媒に用いることで、**機能性高分子と有用なアンモニアが副生する重縮合反応の開発とこれらの単離に成功しました**（図B）。この反応を利用して、様々な機能性高分子の合成を進めています。この反応以外にも、**新しい高分子合成反応の開発**に関する研究も行っています。



関連する2, 3年次での学び

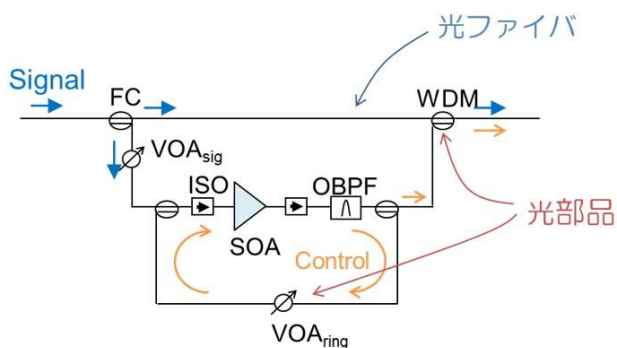
関連の深い履修モデル：機能創成化学, グリーンシステム科学, 環境データサイエンティスト
有機・高分子化合物の合成や、様々な分析機器を使った光学的・電気化学的・磁気的物性評価、機能化に関する研究を中心に、環境化学や生化学に関わる幅広い分野の研究を行っています。



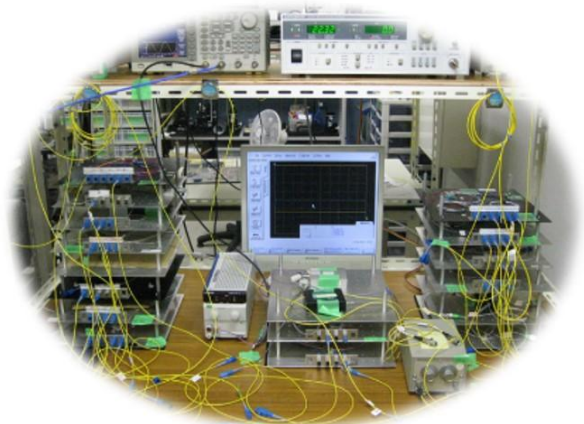
フォトニクス技術を駆使した光通信および光計測技術

現在の私たちの生活は、光通信や光計測など、多くのフォトニクス（光子をあつかう工学）技術により支えられています。例えば、パソコンやスマートフォンでの動画配信やオンライン会議などのサービスを利用する機会も増えていますが、これらのサービスは世界中に接続された大容量光通信ネットワークを利用しています。また、光計測においても、自動車の自動運転などで注目されているライダー技術など、高度なフォトニクス技術が利用されています。

私は、将来の豊かな社会および生活の実現を目指し、フォトニクス技術を駆使した高度な光通信および光計測技術の研究を行っています。



光回路の構成例



光回路と評価装置

関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：機械電気、半導体応用、電子物理工学、など幅広い分野への関心・学びを推奨します。

再生可能エネルギーシステムや電気自動車に関連応用の性能、効率、安定性を向上させるための研究開発

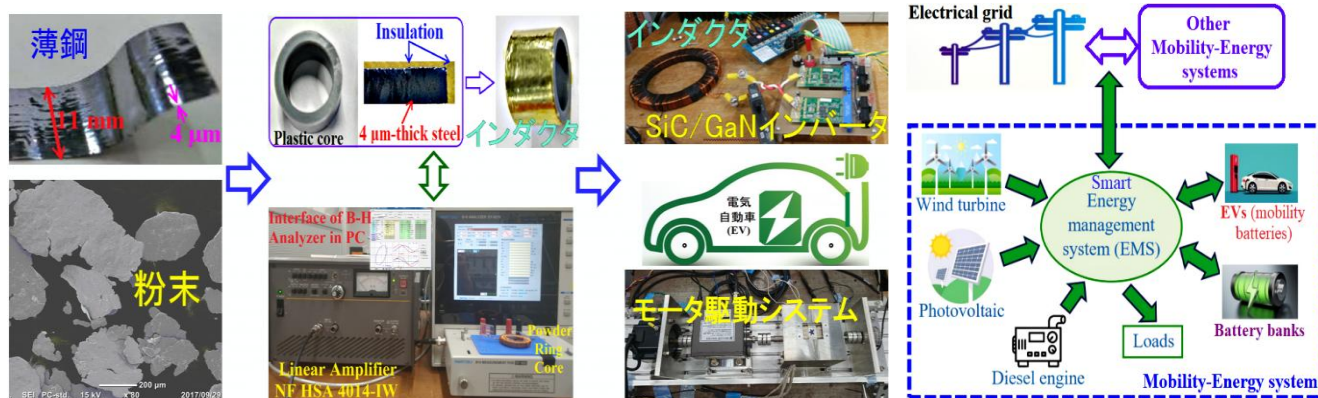
近年、再生可能エネルギーシステムと電気自動車（EV）は、電力不足の防止と環境保護にますます重要な役割を果たしている。そこで当研究室では、再生可能エネルギーシステムやEVに関連応用の性能、効率、安定性を向上させるために、下記の4つの研究テーマに取り組んでいる。更に、本研究テーマは、CO₂排出と地球温暖化問題の低減に役立つグリーンエネルギーやEVの利用と普及を促進することも目的としている。

1. 炭化ケイ素（SiC）または窒化ガリウム（GaN）コンバータと改良されたパルス幅変調（PWM）またはパルス振幅変調（PAM）制御方式を使用してモータの損失とトルクリップルを低減した、EVや移動ロボット用の高効率モータ駆動システム。

2. EVやドローンに関して、高周波でパワーエレクトロニクスへの応用・電力変換器に利用される磁気コアの材料（薄鋼、アモルファス、粉末など）および関連デバイス（インダクタ、変圧器など）の電磁特性の測定、解析、評価、最適化。

3. 多くの電力変換器を含む太陽光発電システム、風力発電システム、蓄電池システムの知的制御およびエネルギー管理アルゴリズムに基づくハイブリッド制御方式。

4. 人工知能（AI）の効率的なアルゴリズムを研究して、再生可能エネルギーシステム、蓄電池、EV、ディーゼル発電機、負荷、電力系統、リアルタイム電力価格などを含むの知能モビリティ・エネルギー管理システムの研究開発。



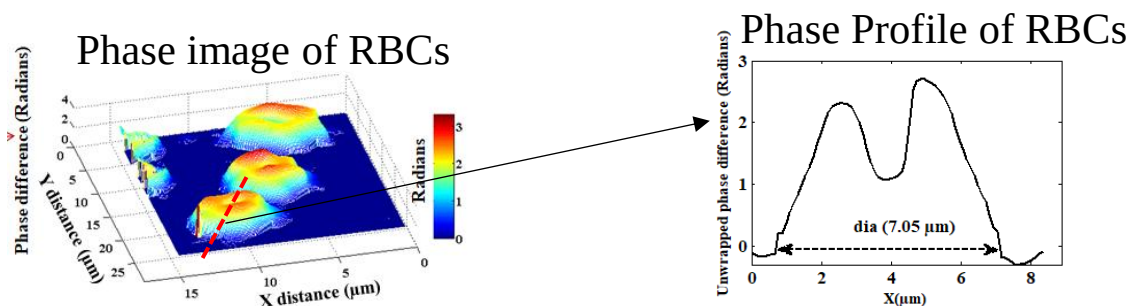
関連する2、3年次での学び

関連の深い履修モデル：機械電気、半導体応用、計測・制御方法、AI、など再生可能エネルギー、電磁材料、半導体材料などの環境分野・材料工学分野の知識も有用です。

A compact digital holographic microscope for diseases diagnostics

Disease diagnosis is essential for the medication and treatment. Parameters of biological cells like red blood cells (RBCs) (for example refractive index, thickness, sphericity, surface area, volume, and hemoglobin content) are of great importance for diagnosis of disease. These cell parameters can be used as indicators of the physiological state of the body. Most of the biological specimens like living human cells are transparent or translucent in nature. These cells absorb and scatter light in small amounts. So, it is difficult to observe the biological specimens through normal bright field microscope due to the lack of sufficient contrast. Digital holography provides the amplitude and phase image (height distribution) of object from single digital hologram without any chemical contrast agent (staining), digital focusing is also possible, and provides optical path length accuracy in axial direction of few nanometer while lateral resolution is diffraction limited and depends on pixel size of camera.

We aim to develop a compact, portable and cost effective digital holographic microscope (DHM) for biological cells imaging and quantitative estimation of biophysical parameters of RBCs/WBCs. A correlation between the biophysical parameters of healthy and diseased/infected cells will be established using machine learning approach. The developed system will prove to be valuable tool for diseases' diagnostics like cancer, malaria and diabetes etc.



Related 2nd and 3rd year studies:

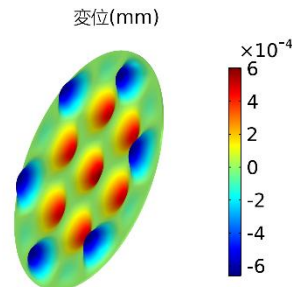
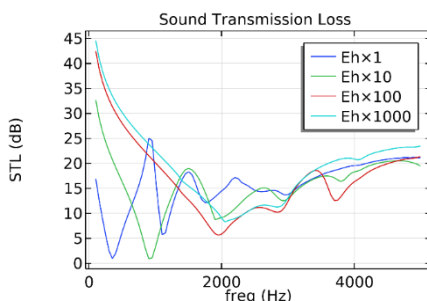
Related study : Optical Metrology, Photonics/Optics related course, Electronics, Programming Skills (C-language or MATLAB), and AI and machine learning.



音響メタマテリアルの研究開発

私たちの周辺に空気と共に音が常に存在しています。静かな夜は音が全くないように感じているかもしれませんが、騒音計で測ってみると20数dBの値が表示されます。音も光も波動現象ですが、一枚の膜で簡単に遮断できる光と異なり、騒音防止するにはいろいろな工夫が必要です。騒音防止の方法として、遮音と吸音が良く使われています。吸音は音の持つ運動エネルギーを熱に変換し音を弱める方法です。遮音はこの言葉の通り音を遮断する方法です。しかし、一般の壁の遮音性能は質量則に従い、壁の単位面積当たりの質量（面密度）が高ければ高いほど、音の周波数が高ければ高いほど高くなります。すなわち、高い遮音性能を得るには、重い壁が必要になります。また、低周波音の遮音効果を上げるのが困難です。一方、省エネなどのため軽量化が求められています。

軽量で高い遮音特性を持つ遮音材料を開発するのが本研究の目的です。音が壁に当たると、壁が音の圧力によって振動します。壁の反対側表面の空気が振動し透過音として伝わっていきいます。遮音壁が入射音によって振動する時に負の質量の特性が現れるように特殊な形状にすると、低周波領域において遮音の質量則と逆の周波数特性が現れます、左図に音響メタマテリアルの透過損失と材料のヤング率との関係、右図に音響メタマテリアルが振動する時のモード形状の解析結果を示しています。より高性能な音響メタマテリアルを開発するために、解析アプリケーションを用いたシミュレーションや性能を調べるための計測実験を行います。



関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：機械電気，AIロボティクス，建築デザインなど。



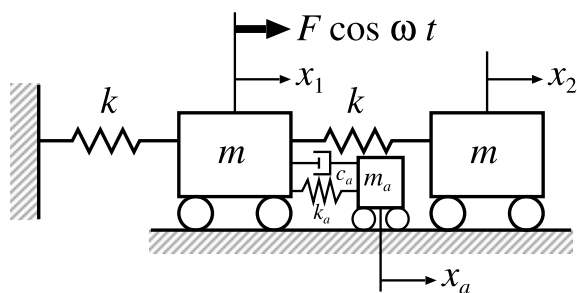
振動解析理論の産業界への応用

最近の機械・構造物では軽くコンパクトに作りながら、大きな負荷に耐え、長時間稼働しつづけるということが必要となっており、そのような機械・構造物では振動による破損や機能低下が問題となります。

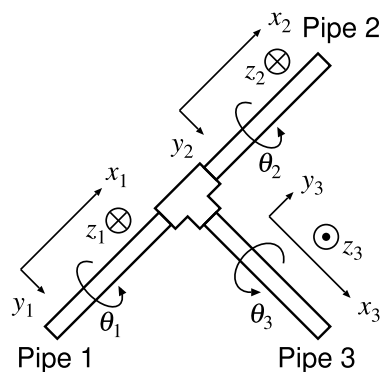
振動を抑制する装置として動吸振器があり高層ビルなどで実用化されていますが、それらの動吸振器は特定の振動のみを抑えるために設計されています。そこで、さらに効率の良い動吸振器の設計方法を研究しています。

また、発電設備における配管は複雑に組み合わせられており、設計を変更することによってどのように振動が変化するかを予測することは困難です。そのため、複雑な形状の配管の振動を理論的に解析する方法を研究しています。

その他、日本の自動車メーカーおよびトランスミッションなどの主要機器メーカーの連合体である自動車用動力伝達技術研究組合 (TRAMI) と共にトランスミッションのギヤの衝突力の予測方法の研究を行っています。



動吸振器の力学的モデル図



分岐配管の力学的モデル図

関連する2, 3年次での学び

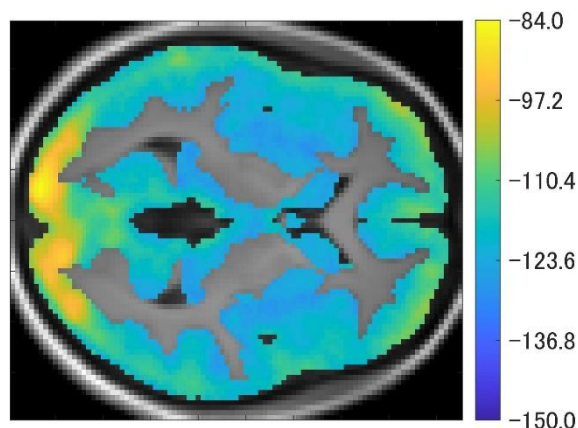
関連の深い履修モデル：機械電気，AIロボティクスなど



非侵襲脳計測データのための解析手法の開発

非侵襲脳計測手法は、測定対象を傷つけないため人での測定が可能です。脳機能の解明や、神経疾患を持つ人と健常被験者との脳活動の違いを明らかにすることなどを目標に研究が行われています。一方で、測定は頭蓋と頭皮の外側から行われるため、適切な信号処理手法によってデータから知りたい情報を推定することが必要です。

私の研究室では、非侵襲脳計測の手法として広く用いられているfMRI(機能的磁気共鳴画像法)のための信号処理手法の開発を主として行っています。下記のような研究を行っています。(1) 安静時のfMRIデータなどのような、自然な連続的な状況で測定したデータのための解析手法の開発。(2) 神経細胞の活動がある組織と神経線維のみの組織において、測定されるデータの違いを機械学習の手法で判別することで、神経細胞の活動を含む時系列の特徴を調べる研究。(3) 従来よりも高い空間解像度で測定されたfMRIデータのための解析手法の開発。



fMRIデータの生成モデルへの適合度を指標とする解析

関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：機械電気、半導体応用

信号処理、シミュレーション工学などの科目で学ぶ内容と関係が強いです。数理IT分野の一部の科目とも関係があります。



振動しやすいものを運ぶロボット

当研究室では、振動しやすいものを揺らさずに運ぶロボット（搬送台車）について研究しています。特に、液体の入った容器の搬送を対象としています。身近な例としては、給仕ロボットがあります。スープやジュースを溢さず、人や机などの障害物を上手に避けながら速く運ぶことができるロボットがあれば、人手不足や感染症防止にも貢献できます。

水平な路面上を走行する場合は、ロボットの走行速度を制御すれば、容器内の液体を振動させずに運ぶことができます。一方、路面上に凹凸がある場合は、搬送台を積極的に動かす機構（アクティブ吸振器）が必要になります。当研究室では、アクティブ吸振器にパラレルリンク機構を用いています。この機構の特徴は、並列に設置された複数のリンクで搬送台を支持している点です。これにより、搬送台を高速・高精度で動作させることが可能になります。搬送するものが、物ではなくて人であれば、乗り心地を向上させることもできます。



6自由度アクティブ吸振器付き搬送台車



3自由度アクティブ吸振器付き全
方向移動ロボット

関連する2, 3年次での学び

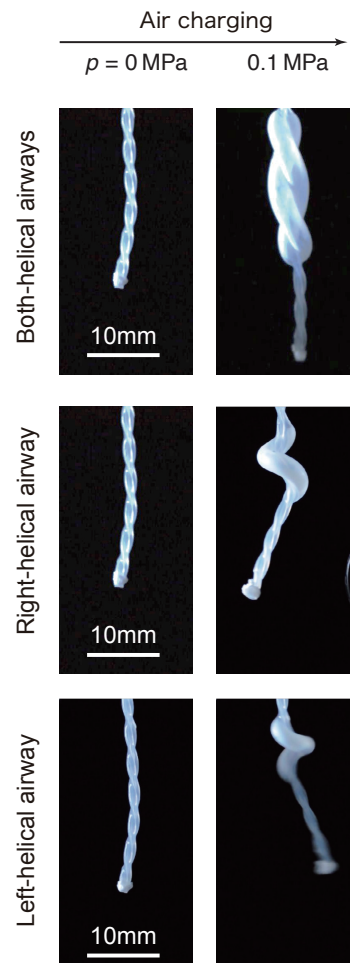
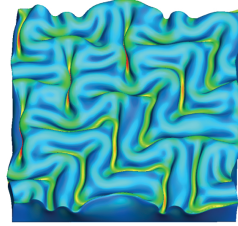
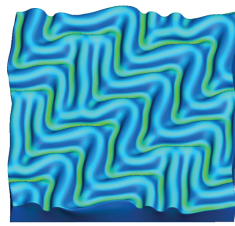
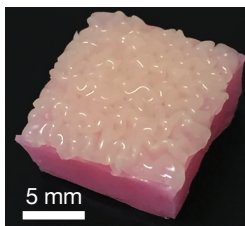
関連の深い履修モデル：機械電気、AIロボティクスなど

ロボットの使用環境を考えた場合、自然環境・住環境分野の知識も有用です。

「やわらかい材料」と「しなやかな構造」の力学機能をデザインする

従来の機械は、金属やセラミックスなどの硬い材料や剛な構造を持っているイメージが強いと思います。反対に生物では、柔らかい材料で構成された繊維や膜などの柔軟な構造が多数見受けられます。私たちの研究室では、究極の機械とも言える生物に本来備わっている「やわらかさ」や「しなやかさ」に着目した材料と構造の力学学理にもとづいて、力学機能をデザインする研究を行っています。

例えば、ソフトロボティクスや固体燃料電池などに応用されます。筋肉のように「しなやかな」動きを実現するアクチュエータを開発するために、やわらかい材料で柔軟な多数の高分子フィラメントをロープのように撚り合わせた構造のデザインを探求しています。また、水素を燃料とする固体燃料電池中の膜電極接合体と呼ばれる部材では、発電量で変化する水の吸収と乾燥を繰り返すことで内部に力が発生し、表面に「しわ」が生じます。それによって、触媒層の表面部分からき裂が発生して内部に進展し、最終的な損傷に至ってしまいます。このような部材の損傷を未然に防ぐための設計指針を提案する研究なども行っています。



関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：機械電気、AIロボティクス



世の中を支える光計測システムの研究

光の可干渉性を利用したデジタルホログラフィを基盤とする計測技術について研究しています。ホログラムとは物体に照射したレーザー光の反射光と別に設けた参照光との干渉で生じる干渉縞のことです。これをデジタルカメラで記録して回折計算を行うと、撮影した物体の見た目の画像と形状の画像が得られます。これを応用すると様々な機械部品、細胞、微生物、工業製品などの3次元計測が非接触で行えます。

例えば、ホログラムを連続的に記録して、対象物の変形の様子を調べることで触らずに塗料や接着剤の乾燥・硬化の様子を定量的に調べることができます。図1は企業共同研究で開発した乾燥評価装置です。また、通常の方法では円筒の内側を測定するのは困難ですが、この研究を応用することで円筒内の内側について、その表面を可視化（カラー表示）し、形状測定ができます（図2）光源をLED等に変更すると車体上の多層塗膜の内部を調べることも可能です（図3）。

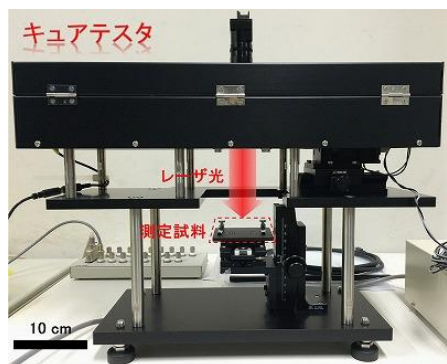


図1 企業との共同研究で開発した乾燥・硬化評価装置。

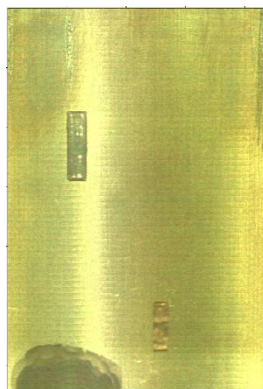


図2 内径14mmの真鍮パイプ内面の展開図。

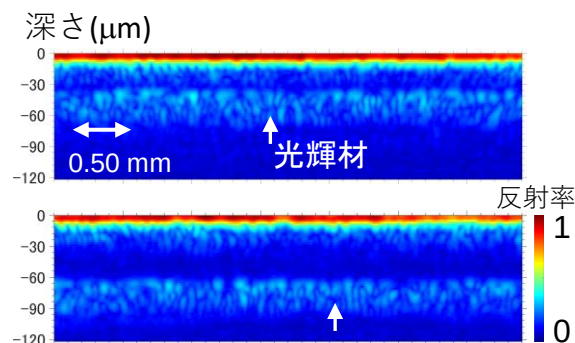


図3 車体塗装部の断面図（矢印は光輝材の分布を示す）。

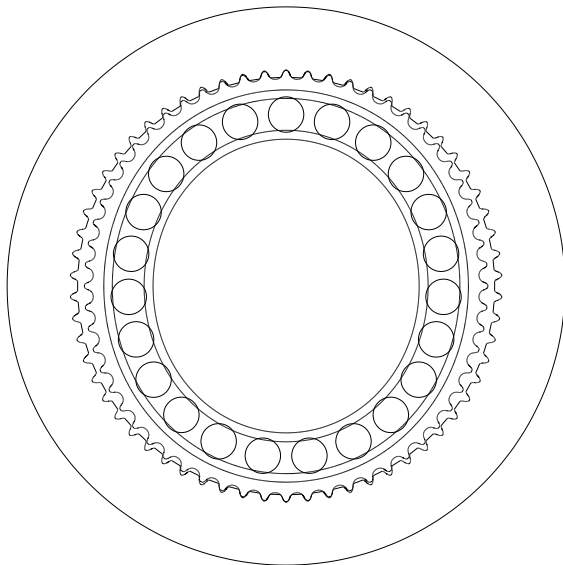
関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：機械電気、半導体応用、AIロボティクス、など
計測技術は医学、工学、生物、芸術等ほぼ全ての分野の基盤を支えています。

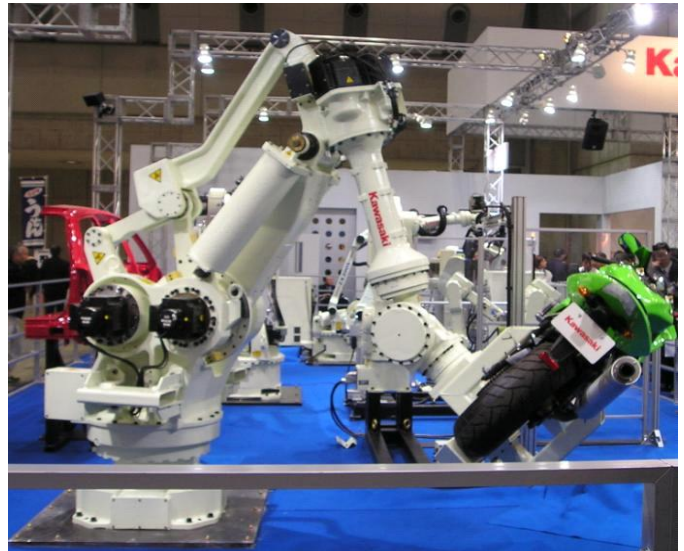


機械・機械要素設計に関する研究

本研究室では、機械要素及び機械システムの静・動的な運転特性や設計上の強度計算問題などの未解決問題の解決を研究目標としています。特に航空機用薄肉構造歯車装置、産業ロボット用ピン歯車装置（サイクロイド減速機やトロコイド歯形減速機とも呼ばれている）、宇宙開発用波動歯車装置、風力発電用増速機及び一般用途の遊星歯車装置の静・動的な運転性能及び強度解析に関する研究を展開しています。また、一般的な機械システムの幾何学設計、強度と寿命、振動と騒音、潤滑と効率などに関する問題も研究しています。また転がり軸受の接触問題も研究しています。将来、研究対象となる機械装置の運転特性と強度解析法などの問題を完全に解決し、より強く、より優れた機械システムを設計できることを目指しています。



波動歯車装置



産業ロボット

関連する2, 3年次での学び

関連の深い履修モデル：機械製図、機械要素、機械設計、機械振動、力学
機械CAD、機械要素の強度解析、機械設計と強度・振動解析関連ソフトの開発
発、機械性能（振動・騒音・効率・伝達精度など）測定実験