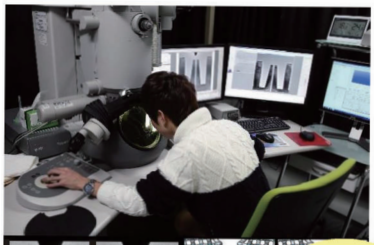
機械システム学コース



ナノ

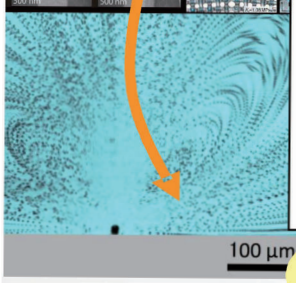
材料

熱

振動

生産

力学を基礎とした教育，研究を遂行し，自動車，電気機器，精密機器など，「日本のものづくり」を支える基盤的な分野から最新のシステム，ナノテクまで広範な領域で活躍できる技術者と研究者の育成を目指しています．

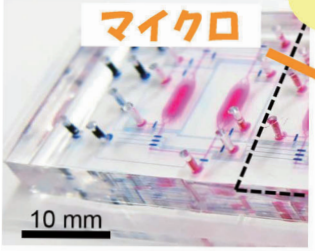


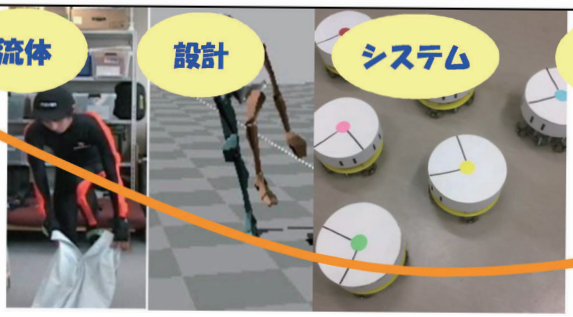
流体

設計

システム

制御





現象を理論的に理解し，多くの要素を組み合わせてものづくりの出来る人材の養成

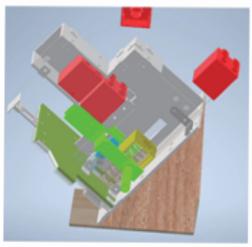
↓

力学を中心とした解析科目，設計などの創生科目，卒業研究からなる教育システム

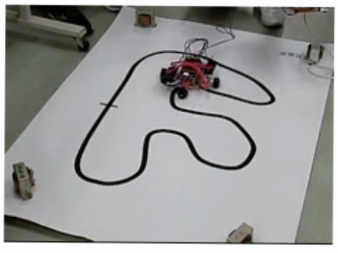
↓

創生科目として，機械設計演習，機械製作実習，機械システム工学実験

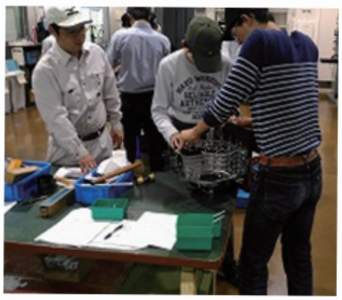
CADによる設計演習



ライントレーサの製作・試運転



エンジンの分解組み立て実習



機械システム学コース 機械理工学専攻

機械システム創成学講座

講師 中西 弘明

人間の知を探り，機械の知を究め，共創の知をデザインする

機械システム創成学研究室では、人と機械が関わるさまざまな活動を円滑化し、人間知と機械知を融合した知的システムを実現するための理論と応用について研究しています。

現代社会では、人々の作業負担を軽減したり仕事を効率化したりするために、さまざまな領域でさまざまなシステム化技術が導入されています。機械やコンピュータは、定型化された作業やデータ処理において人間を遥かにしのぎ、その性能は日々進歩しています。しかし、どれほどその能力が向上したとしても、人の判断や介入を仰ぐことは避けられません。プログラムされた以上の機能を機械は発揮することはできないのです。そのため、人と機械がうまく協力して働くための仕組みのデザインが欠かせません。

機械システム創成学研究室のメンバーは、

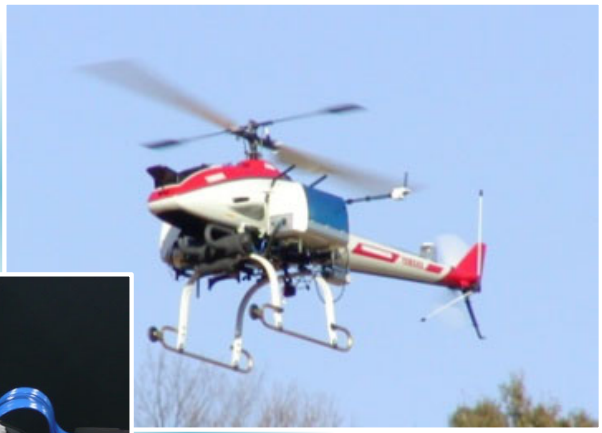
『人間の知を探り，機械の知を究め，共創の知をデザインする』

をモットーに、

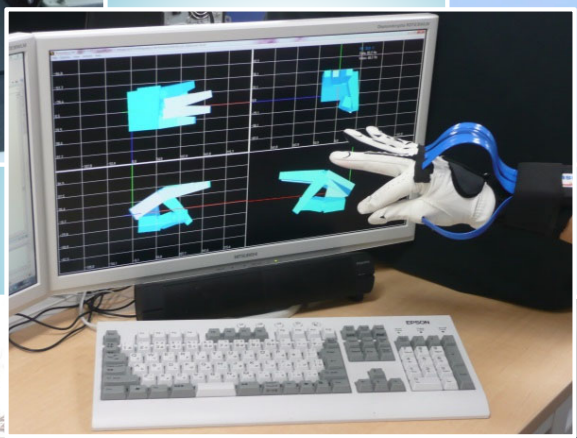
- 人（々）の認知・判断・行動の特性理解とモデル化
- 複雑で不確かな環境に適応できる知能化技術の開発
- 人同士や人と機械の円滑なコミュニケーションの設計

と関連する幅広い研究テーマに取り組んでいます。

ロボット教示作業
支援技術



無人ヘリコプタの
自律飛行制御



人間行動のセンシングと
特徴抽出

人間機械システムの安全解析

自動車運転行動の分析と支援

System Synthesis Synergy Sawaragilab

研究室ホームページ：http://www.syn.me.kyoto-u.ac.jp/ja/

機械システム学コース 機械理工学専攻

機械材料力学講座　適応材料力学分野

准教授 西川 雅章

—先進複合材料の固体力学と破壊力学—

当研究室では，航空宇宙，運輸，エネルギー等の先端分野における先進複合材料の高性能化の研究を行っている．複合材料のものづくりは，構成要素から材料設計と形状設計を同時に行い，構造を一体成形するという特徴があり，材料力学・流体力学・熱力学・高分子化学といった異分野融合による基礎科学の構築が欠かせない．このような複合材料のものづくりを対象として，実験・計算マイクロメカニクスの観点から，強度や機能性発現のためのメカニズムの解明に取り組むとともに，材料を非破壊に評価する方法を援用することにより，先進複合材料の健全性を高度に評価し，環境や求められる機能に適応する複合材料システムを創成することを目的として研究を行っている．

先進複合材料強度学

先進材料の多くは，複数の素材の組み合わせにより，単一の素材では実現できない機能を実現する「賢い」「複合材料」となっている．複合材料の微視的構造がその変形・破壊特性や機能に及ぼす影響についての詳細な解明と，より高性能な複合材料の設計・製造法の確立を目指している．

特に，**炭素繊維（高強度）と樹脂（軽量）を組合わせたCFRP**は，軽量化により環境問題を劇的に改善する切札として期待されている．ここでは強度発現の微視的基礎や，品質保証に欠かせない成形時に発生した欠陥や残留応力の構造強度への影響を解明する研究に取り組んでいる．

近年のCFRP積層構造では中間基材の高度化により，層間樹脂層や**微視的粒子強化層**が形成されていたり，層の薄層化が行われている．これらの材料の強化により積層構造の破壊特性を最適化するため，走査型電子顕微鏡や高解像度光学式マイクロスコープを利用した観察実験を援用し，**破壊力学**に基づく評価や理論解析を進めている．

強度・成形シミュレーション

複合材料構造の強度や成形プロセスをシミュレーションを用いて最適化することを目指している．例えば，ボイドに代表される欠陥の形成，繊維配置とボイド分布を考慮した**マイクロメカニクス**によるマクロ力学特性の評価，熱可塑性樹脂を用いた複合材料の成形など，複合材料の高性能化を目的に多面的に検討している．

CFRP構造の成形プロセスについて，民間旅客機の製造に用いられている**オートクレーブ成形法**や，曲面構造を賦形可能な**自動積層プロセス**など，より効率的な生産プロセスを創出するための研究が盛んに行われている．特に，プリプレグテープ基材による曲面構造賦形時の変形や積層時の欠陥，欠陥レス・均一硬化のための成形方法の確立，樹脂含浸・硬化過程におけるボイド発生や残留応力発生，成形された材料の長期耐久性（力学特性や疲労特性）といった課題について実験的評価を基に，**固体力学**を基礎とした理論的基礎の構築を目指している．

複合材料の力学機能

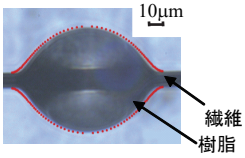
先進複合材料の力学機能を必要とされる性能要求に対して材料特性から適応的に制御することを目指し，剛性や強度といった従来の構造材料に必要とされてきた特性のみならず，成形性や難燃性，熱伝導特性といった**複数の機能**を同時に満たすバランスの取れた材料設計論を力学シミュレーションを援用して確立することに取り組んでいる．

剛性・強度といった特性に対しては，例えば，繊維強化複合材料において繊維方向に直交した層内で起きる破壊（**トランスバース破壊**）は主要な破壊形態の一つである．こうした複合材料中の損傷をシミュレーションにより再現することによって，**層の薄層化**が破壊力学的に損傷抑制に有効に作用する機構を調べることができる．金属強化を用いた**マルチマテリアル化**による損傷抑制の相乗効果についても評価を進めている．

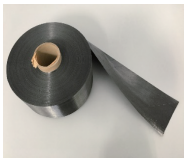
航空機構造材料に対して近年，性能要求水準が高まっている**難燃性**の課題について，燃焼解析と構造の熱伝導解析を連成した多物理にわたる力学シミュレーションにより，CFRP材料の特性に関する熱的異方性やCFRPを構成する樹脂の熱分解特性が及ぼす影響について評価している．

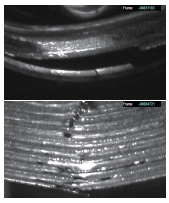
先進複合材料

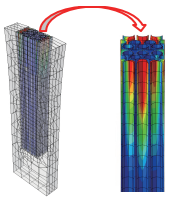
新型旅客機 Boeing 787



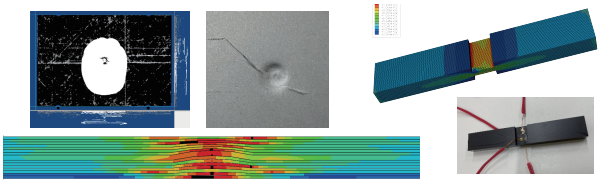
CFRPプリプレグ　積層構造の破壊　微視的破壊



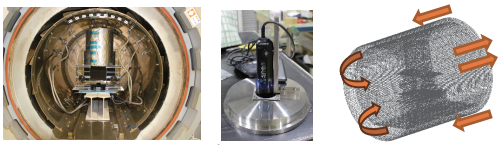




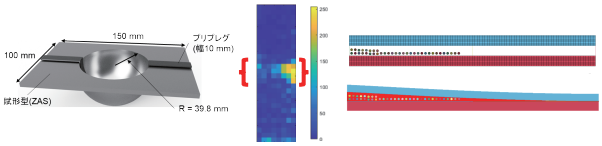
マイクロメカニクス・プロセスモデリング



薄層化CFRP積層板の力学特性や損傷の解析

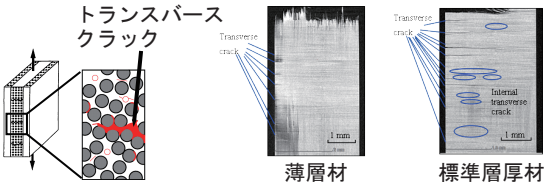


オートクレーブ成形の実験と解析

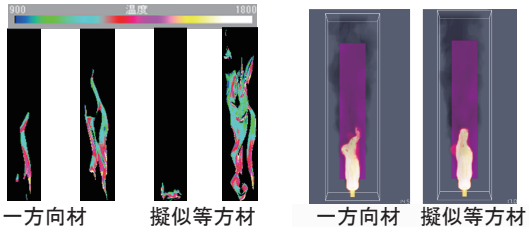


成型時欠陥の評価（赤外線・シミュレーション）

力学機能の評価・シミュレーション



層の薄層化による損傷抑制効果



CFRP積層板に対する燃焼実験とその解析

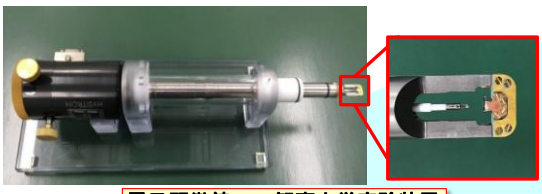
機械システム学コース　機械理工学専攻

機械材料力学講座　固体力学分野

教授　平方 寛之，助教　松永 航

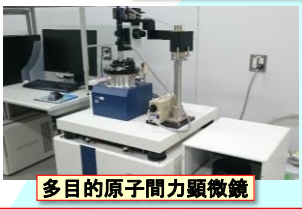
ミクロな世界の破壊現象の解明に挑む

なぜモノは壊れるのか。材料の変形や破壊は複雑な物理現象であり、多くの未解明問題があります。とくに、材料の寸法がナノ・マイクロメートルのスケールになると、私たちがよく知るマクロな材料とは異なる変形・破壊特性を示しますが、そのメカニズムや支配法則は未解明です。高度な機能を産み出すナノ・マイクロ構造物の発展は著しいですが、一方で予期しない破壊が生じることも事実です。当研究室では、ナノ・マイクロテクノロジーを駆使した独自の実験方法を開発して、薄膜や細線などのナノ・マイクロ材料に対する信頼できる材料強度実験を実施することにより、ミクロな視点から複雑な破壊現象や電子物性との連動作用について研究を行っています。



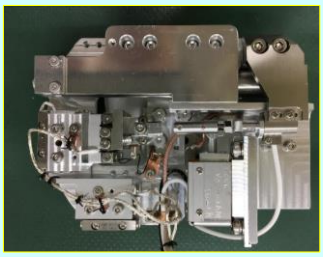
電子顕微鏡TEM観察力学実験装置

走査型（SEM）・透過型（TEM）電子顕微鏡

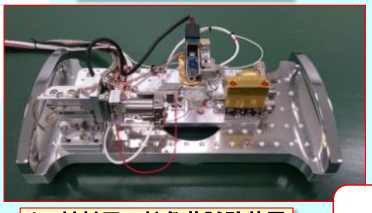


多目的原子間力顕微鏡

電子ビーム／イオンビーム ナノ加工・実験装置

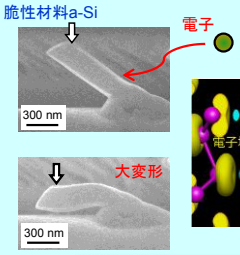


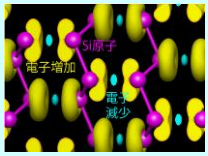
電子顕微鏡SEM観察力学実験装置



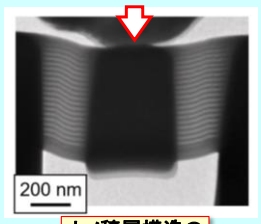
ナノ材料用二軸負荷試験装置

ナノ・マイクロ材料力学実験とミクロな世界の不思議な力学特性

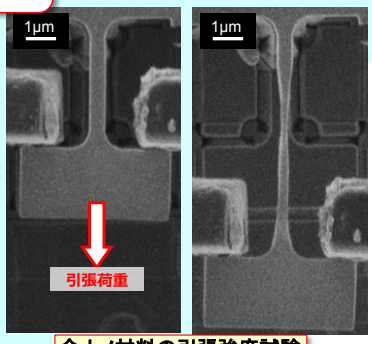




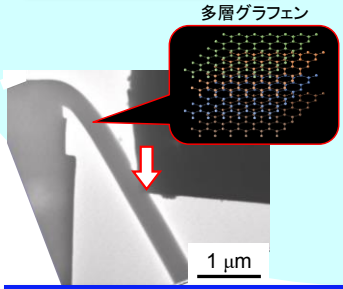
電子で強度を書き換える



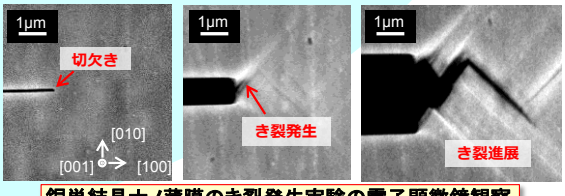
ナノ積層構造のせん断試験



金ナノ材料の引張強度試験



巨大な変形を生み出す原子層積層構造



銅単結晶ナノ薄膜のき裂発生実験の電子顕微鏡観察

強度則の解明： 壊れない材料を目指して

主な研究トピックは、ナノ・マイクロスケールの材料強度と材料力学、電子によるリライタブル材料強度、クリープ・疲労破壊の機構と支配力学、二次元材料・原子層構造体の力学、ナノ構造体・薄膜に対する機械的特性評価実験法の開発、高強度・高機能ナノ構造材料の創製、力学と電子物性のマルチフィジックスなどです。

変形や破壊を支配する「力学」と機能を創り出す「物性」に着目して、ミクロな視点から複雑な物理現象を解き明かす学理の構築を目指しています。

機械システム学コース 機械理工学専攻
機械材料力学講座　熱材料力学分野
助教 栗山怜子
http://mtfm.me.kyoto-u.ac.jp/

熱流体機器の超小型化・高効率化を目指して

本研究室では，**熱・流体・エネルギー**に基づく機械・分析機器の超小型化と高効率化の実現に向けて，基礎研究と技術開発を行っています．これらの機器の小型化・高効率化には様々な技術的問題点があり，単純に実現できる訳ではありません．**伝熱，流動，物質輸送**に関する基礎現象の理解と新規技術の開発に向けて，熱・流体の制御手法と高度な計測技術の開発を行っています．

2024年度の構成

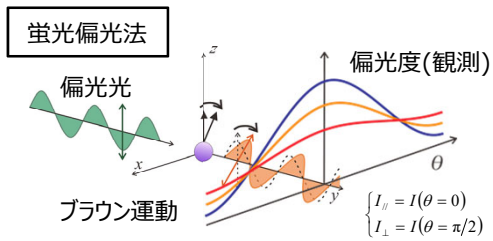
教員：栗山怜子（助教）
職員：技術補佐員 2名
学生：修士課程 4名，学部生 1名

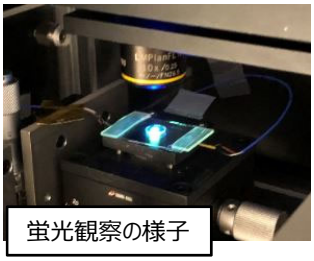
学術的基礎

特に，伝熱工学，流体力学，熱力学，熱物質輸送
☆学部で学んだ知識を深めつつ，新しいことを学びながら研究します．
（光学，マイクロナノ工学，表面科学，高分子レオロジー，etc…）

蛍光偏光法を用いた温度計測技術の開発

温度計測は電子機器の発熱の検知，熱流体機器の伝熱特性の評価など様々な場面で求められますが，マイクロスケールの空間分解能で高精度な温度計測を実現することは容易ではありません．本研究室では**分子のブラウン運動特性から液体温度を求める蛍光偏光法を開発**しています．この技術を応用しジェル型体温センサやフィルム表面温度センサの実装も進めています．



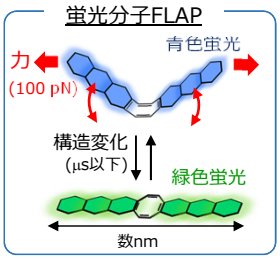

蛍光観察の様子

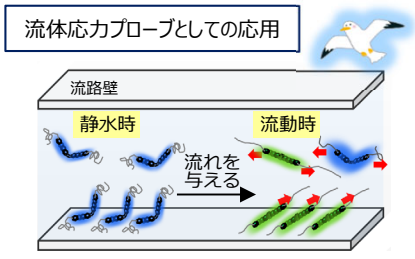
ジェル型体温センサ

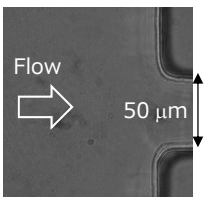
フィルム表面温度センサ

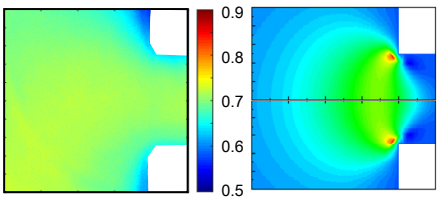
力応答性蛍光分子を利用した流体応力場の計測

流体機器の設計や循環器系疾患のメカニズム解明などの様々な分野で，流れ場の力学的特性を知るための流体応力場計測が欠かせません．本研究室では，**力に可逆的に応答する特殊な蛍光分子を用いて，流れの中の応力分布を非接触・高空間分解能で可視化する全く新しい計測手法の開発**に取り組んでいます．



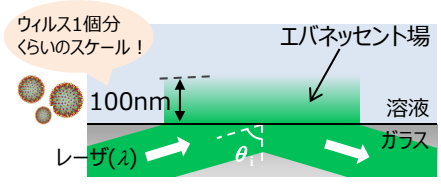


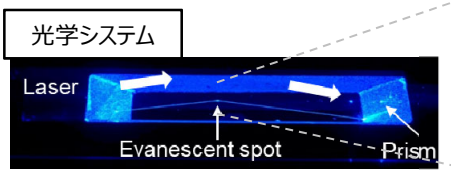


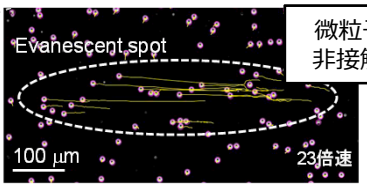


壁面近傍100nmの輸送現象の計測と制御

物質の界面で光を全反射させると**100nmほどの薄い電磁場の層**（エバネッセント場）が浸み出します．この電磁場を利用して，**流路壁面近傍の液体温度計測技術や，壁面近傍マイクロ粒子群のマニピュレーション技術の開発**に取り組んでいます．







微粒子群の
非接触操作

機械理工学専攻
流体理工学講座・環境熱流体工学分野
教授　長田　孝二　　准教授　渡邉　智昭

乱流現象の解明と工学応用

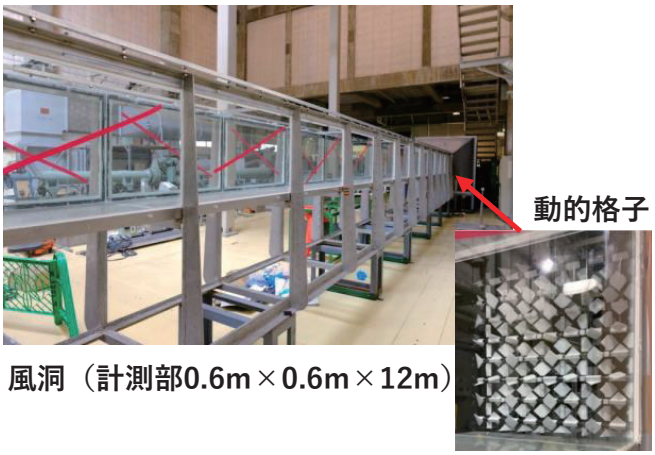
「***ながれ***」は大気・海洋などの環境中，自動車や航空機などの輸送機器，工業装置など至る所でみられます．本分野では，***ながれ***の中でも特に***乱流***に着目した研究を行っています．また、翼周りのながれなどの空気力学（空力）に関する研究も行っています．

研究テーマ例

・乱流の発達と減衰過程　・衝撃波と乱流の干渉
・高速流（噴流，混合層，境界層など）中の乱流現象
・浮力や旋回を伴う乱流場の構造と熱輸送現象
・微気象環境下の乱流輸送現象
・超音速流れ場における熱物質拡散・混合・反応・燃焼現象の解明と数値モデルの開発
・翼周りの流れの制御・計測・数値予測

乱流の発達と減衰過程

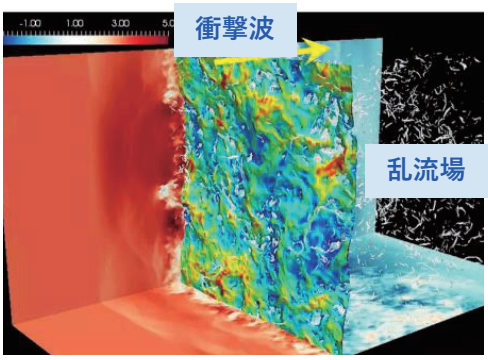
準一様等方性乱流（格子乱流など）の発達と減衰過程を明らかにすることを目指しています．



風洞（計測部0.6m×0.6m×12m）

衝撃波／乱流干渉

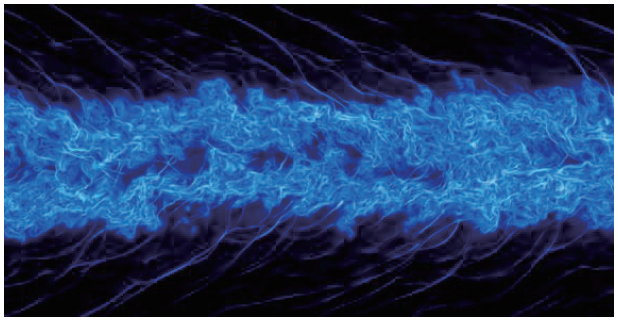
次世代民間超音速旅客機の実現に向けて，ソニックブームの正確な予測が重要となっています．乱流と干渉した衝撃波の特性の変化やソニックブーム低減に関する研究を行っています．



乱流中を伝播する衝撃波の変形

圧縮性乱流

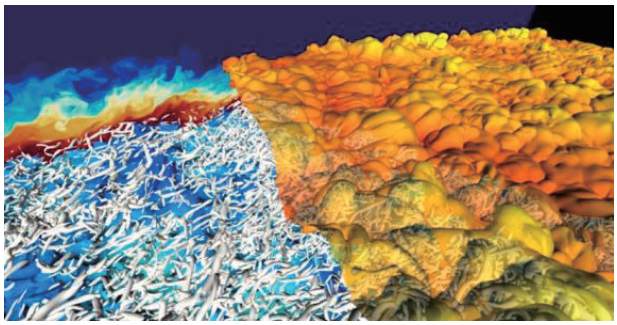
超音速機周りの境界層や超音速噴流などの圧縮性乱流に関する大規模数値計算や圧縮性乱流場生成装置を用いた実験を行っています．



超音速噴流と圧力波の伝播

浮力を伴う乱流場

大気や海洋などにみられる圧縮性乱流に関する大規模数値計算や圧縮性乱流場生成装置を用いた実験を行っています．



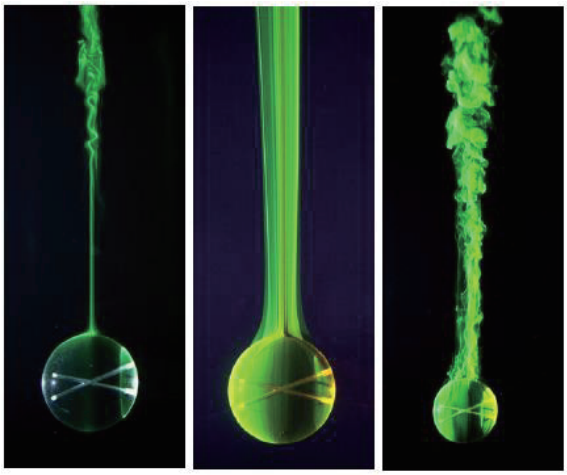
安定密度成層（浮力）を伴う乱流混合層

機械システム学コース　機械理工学専攻

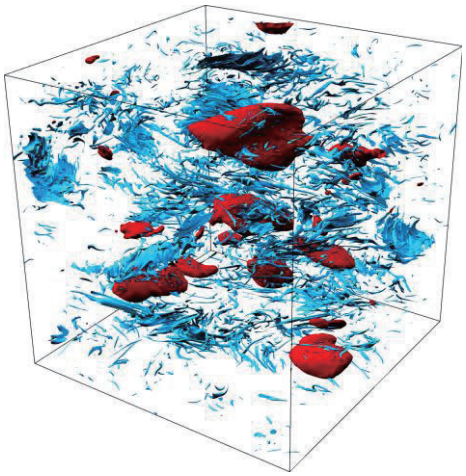
流体理工学講座　流体物理学分野

教授　花崎　秀史，講師　沖野　真也

本研究室では，成層流体（鉛直密度差のある流体）の流れ、乱流、水面波など、複雑な流れとその中での物質や熱の輸送について、計算機シミュレーション、実験、および数学的理論による研究を行い、流体運動のメカニズム解明と応用を目指しています。



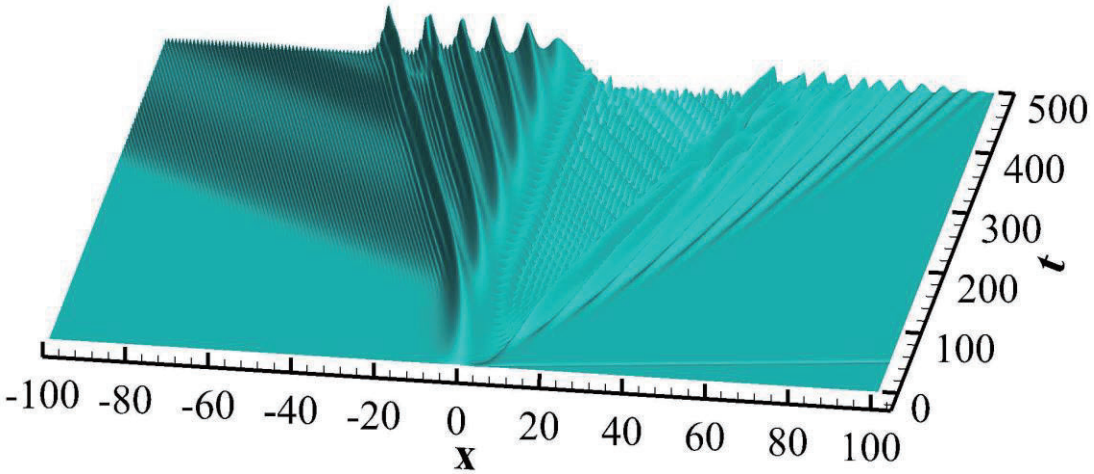
鉛直密度差のある流体中を下降する球による流れ



成層流体中の乱流における運動エネルギー(赤)と密度撹乱（青）の分布

流体は重力場中で放置すると、自然に上が軽く下が重い成層流体となります。成層流体は、浴槽の湯や大気・海洋などの身近な流体ですが、強い鉛直ジェット流の形成（左上図）など、特異な挙動を示します。こうした研究成果は、国際的学術誌の表紙に取り上げられた他、気候変動評価の観測データが不足している深海の観測ブイの設計などに利用されています。

一方、水面波が流路の起伏により励起される様子の計算機シミュレーションも行っています。現在は、mm（ミリメートル）のスケールで重要となる表面張力の効果を研究していますが、大きい（km 以上）スケールでは津波のモデルとなる現象です。



底面の起伏（**X**=0 にある）により励起された表面張力重力波の時間発展

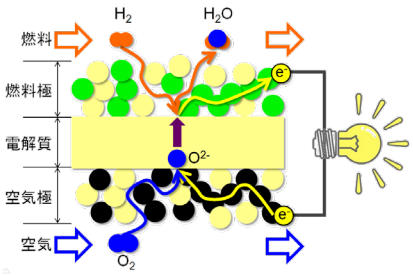
機械システム学コース　機械理工学専攻
流体理工学講座　熱システム工学分野
教授 岩井 裕　准教授 岸本 将史　助教 郭 玉婷

～エネルギー変換・輸送・貯蔵の未来を開拓～

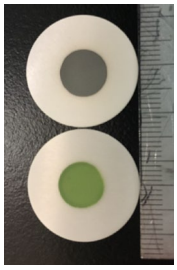
燃料電池や二次電池といった電気化学デバイス内の現象や，水素，炭化水素，アンモニアおよびそれらの混合燃料の触媒反応（改質・酸化・熱分解）を対象に，熱・物質・電荷輸送という**機械工学的な観点からアプローチ**し，ミクロからマクロにわたる複雑現象を解明するとともに，これらデバイスの更なる展開につながる本質の理解をめざしています．また新たなエネルギーシステムの創出に向けた研究を行っています．

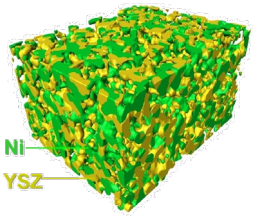
高効率発電

高い発電効率を有する固体酸化物形燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell: SOFC）の研究を行っています．電極に用いられる多孔質体の3次元構造観察技術と，熱・流体・電荷の連成シミュレーション技術を駆使してSOFCの高性能・高耐久化を目指しています．

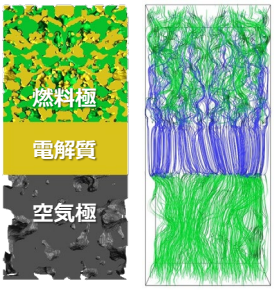


SOFCの構成と原理


研究室製ボタンセル



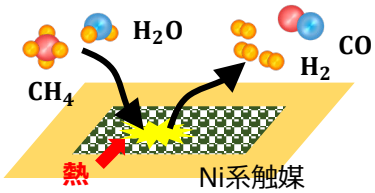
電極多孔質の3次元構造



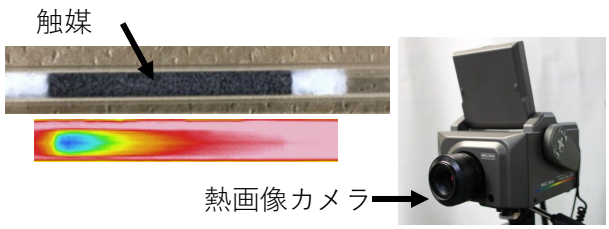
内部の電流経路の可視化

水素製造

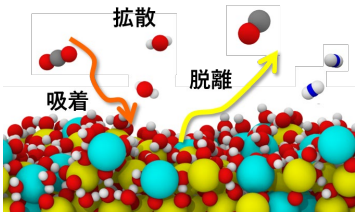
水素は貯蔵性や運搬性に課題があるため，化合物の状態で貯蔵・輸送を行い，必要な時に水素を取り出すことが考えられています．そこで，炭化水素やアンモニアから効率的に水素を製造するための研究を行っています．触媒における反応量を調べたり，温度分布の可視化や数値解析を駆使して反応メカニズムを解明し，物理モデルの構築を行っています．



$CH_4 + H_2O \rightarrow 3H_2 + CO$
メタン水蒸気改質



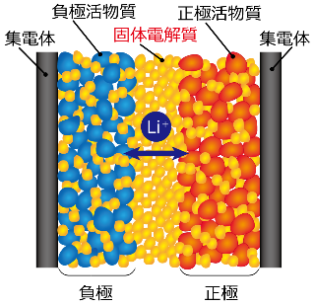
触媒上温度分布の可視化



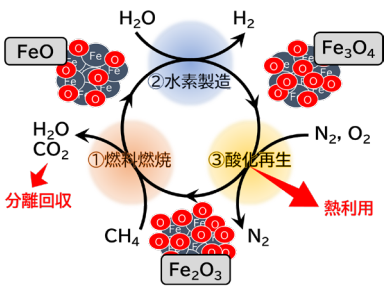
分子輸送・反応解析

蓄エネルギー技術

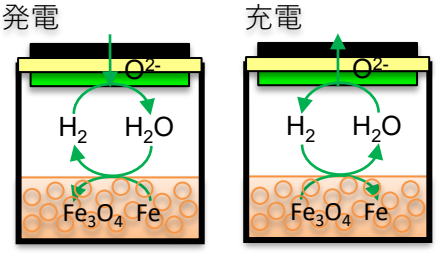
再生可能エネルギーの導入が進み，電気を貯める技術の重要性が高まっています．数値シミュレーションによるリチウムイオン電池内部現象の解明、ケミカルループ法に用いられる酸素キャリアの反応特性の解明、SOFCと鉄の酸化還元反応を組み合わせた新規蓄電デバイスの実証などを行っています．



全固体リチウムイオン電池



ケミカルループ法



固体酸化物形鉄空気電池

機械システム学コース　機械理工学専攻
物性工学講座　光工学分野
教授 蓮尾 昌裕、准教授 四竈 泰一、講師 Arseniy Kuzmin

研究の概要

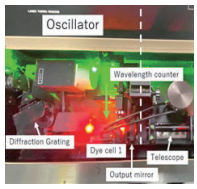
光は物質と密接に関連しています。物質が発する光を調べることによりその本質に肉薄し、物質に光を作用させることにより、そのありようを制御できます。また、光を用いた計測技術は、人や物が直接触れることのできない対象の観測手段として大変有効なものです。

我々はプラズマ・気体・固体が関わる様々な現象に対して、**新しい光計測手法を開発**し、その理解および利用・制御のための基礎的な研究を行っています。特に新しい計測手法の開発に関しては、従来手法の改良的な視点ではなく、**原理からの抜本的検討により、波長分解能、波長範囲、強度、時間分解能、偏光、空間分解能、空間範囲などの積で２桁以上の性能向上**を目指しており、その達成により、これまで見出されてこなかった様々な現象を発見しています。

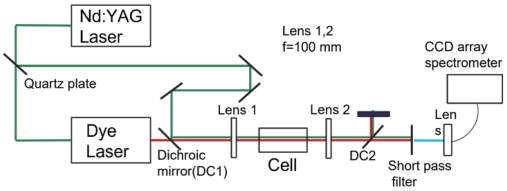
研究室ホームページ

レーザー計測法・分光手法の開発

コヒーレントアンチストークスラマン散乱（CARS）分光法、レーザー誘起ブレイクダウン分光法（LIBS）、近赤外分光法などの、**プラズマ・気体・固体を対象とするレーザー計測法や分光手法を開発**しています。



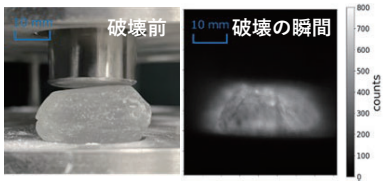
色素レーザー



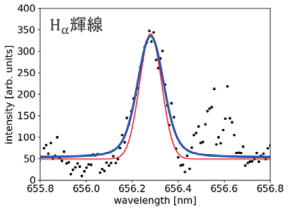
CARS分光システム

固体の破壊発光の分光診断

結晶をガス雰囲気中で破壊したときに生じる放電発光（**トライボルミネッセンス**）を分光計測し、プラズマやガスの密度、温度などから**破壊時の応力や帯電を明らかにする**研究を行っています。



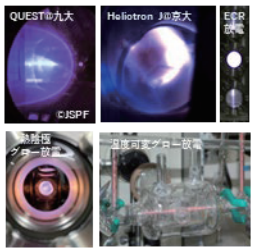
水素ガス中の氷砂糖の
トライボルミネッセンス



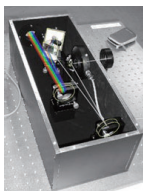
劈開破壊時の水素スペクトル

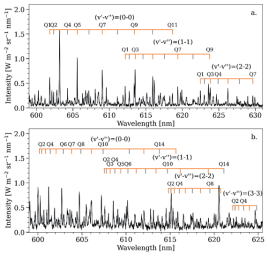
各種プラズマの分光診断・計測

プラズマは、核融合、半導体プロセス、加工・表面処理、宇宙推進等の現代の科学技術の基礎となる物質です。**プラズマから放射される輝線や連続光を分光計測**し、放射素過程の解析から、**プラズマの温度・密度・電磁場等を明らかにする**ことに取り組んでいます。



各種プラズマ

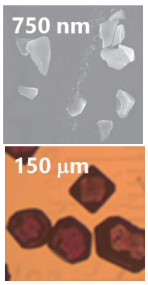

分光器



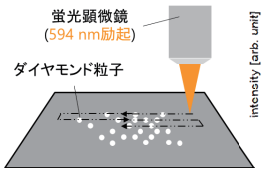
水素分子スペクトル

スペクトルを利用したセンサー開発

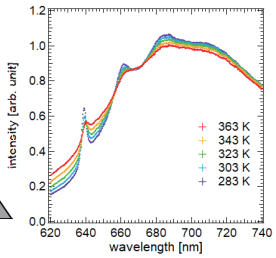
不純物と空孔からなる**色中心と呼ばれる点欠陥を含むダイヤモンド**は、光を照射すると蛍光を発します。この蛍光スペクトルが、温度や磁場に依存する性質を利用して、**マイクロスケールの光温度センサを開発**しています。



ダイヤモンド粒子



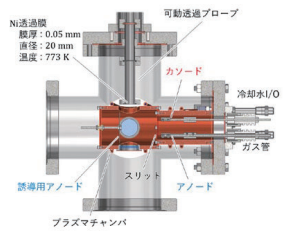
顕微分光システム



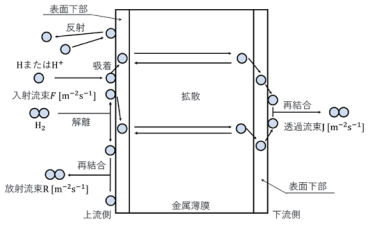
蛍光スペクトル

金属膜プラズマ駆動水素透過の分光診断

水素分離に用いられるPd、Ni等の薄膜を酸素添加した水素プラズマに暴露すると、**水素透過束の増加**が観測されます。この**現象のメカニズムを分光診断を用いて明らかにする**研究を行っています。



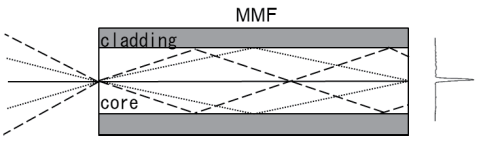
水素透過実験装置



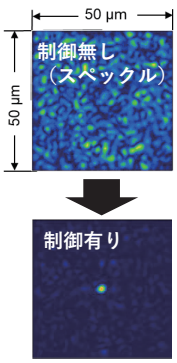
プラズマ駆動水素透過のモデル

位相制御を用いた波面補償光学

マルチモードファイバ内を伝播する光は、様々な方向に進む光（モード）の重ね合わせとなります。ファイバ出射光内の**各モードの位相を揃えることで光スポットを形成**し、**レーザー分光に応用する**研究を行っています。



マルチモードファイバを伝播する光（モード）



出射光強度分布

機械システム学コース　機械理工学専攻
物性工学講座　材料物性学分野
教授　嶋田 隆広　　助教 見波 将

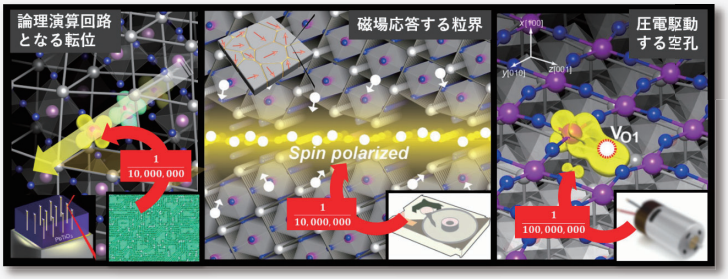
研究室HP

https://material.me.kyoto-u.ac.jp

皆さんにとって、「夢の機械」は何ですか？

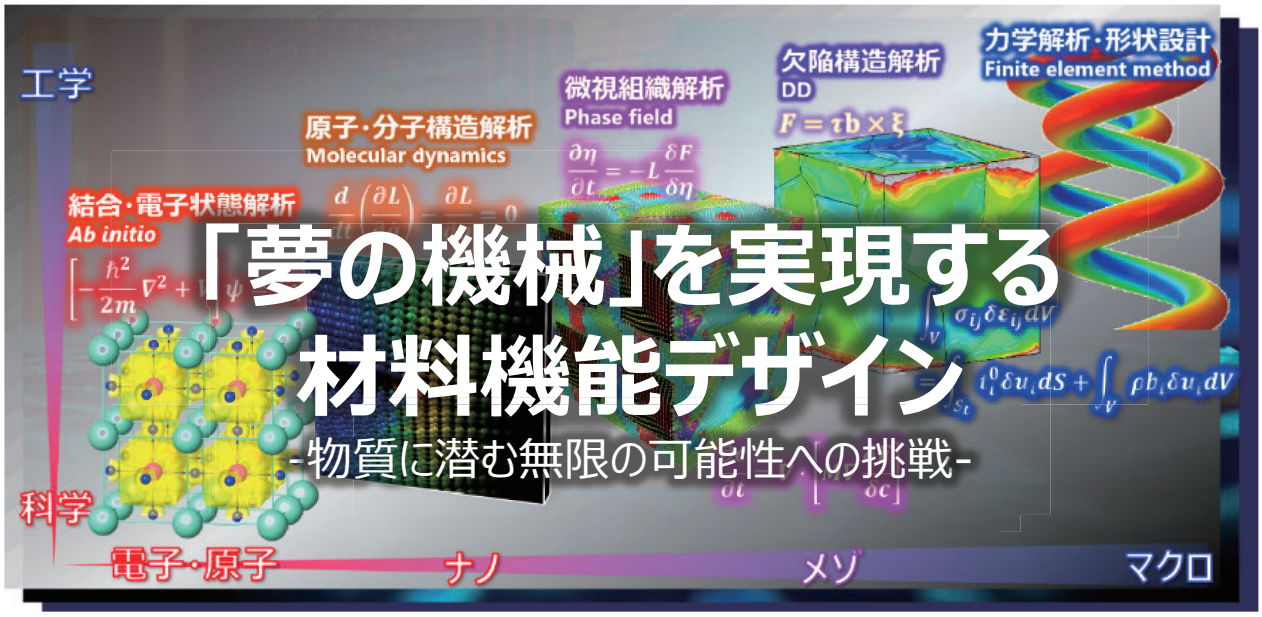
ガンダムのような巨大な高出力ロボット、宇宙空間を旅する惑星探査機や月と地球を結ぶ軌道エレベータ、とても小さなナノマシン、自動運転やAIなどの人間の新しいパートナーなどでしょうか？未来の機械はわくわくする機能を備える反面、今の人類が扱う材料強度や機能では夢の機械を実現することは困難です。

私たちは、未来の機械を創るための材料機能開発を行っています



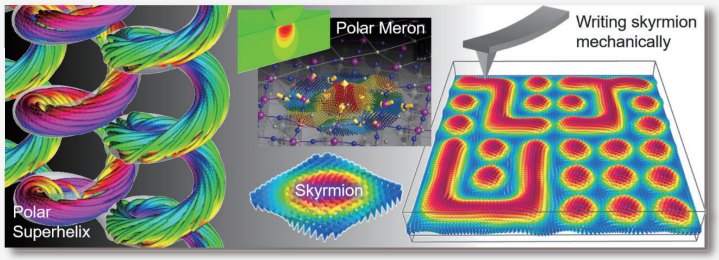
「欠陥」は究極のナノマシン!

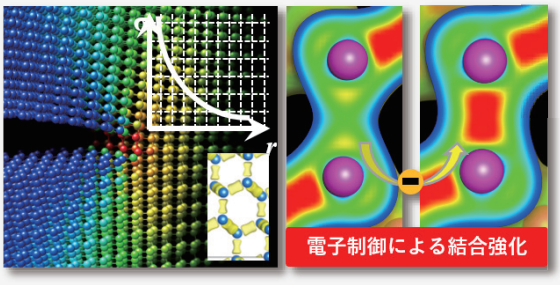
私たちは欠陥が従来材料にない機能を持ち、物質中を動き回って様々な仕事をする**「究極のナノマシン」へと創り変わる**ことを発見しました。



力で「創る」最先端材料機能

私たちは、材料に「力」を負荷することで、わずかな磁場で作用する特殊な磁石を力学的に創り出すなど**力とかたちによって新しい物性を開拓**しています。





「理論上最強」よりもさらに強い！

私たちは、電子を意図的に制御する技術によって原子間結合を強化し、理論上の最大強度と信じられてきた**「理想強度」を超える強度を実現**する科学と技術を開発しています。

機械システム学コース 機械理工学専攻

熱物理工学分野

教授　黒瀬良一, 准教授　松本充弘, 助教　若林英信, Abhishek Pillai

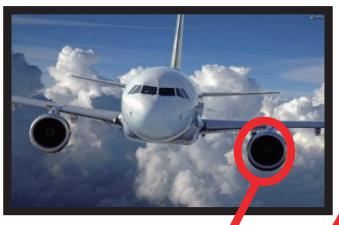
研究の概要

本研究室では、熱力学、伝熱学、流体力学、分光学、電磁気学を基礎として、流体および固体の熱力学性質、熱輸送性質、熱ふく射性質、ならびにそれらの複合現象をナノ～マクロスケールで解明することを目的としています。また、このような基礎研究に基づいて、"ものづくり"の工学を支える数値解析技術および計測技術の開発・高度化を進めています。

研究テーマ例

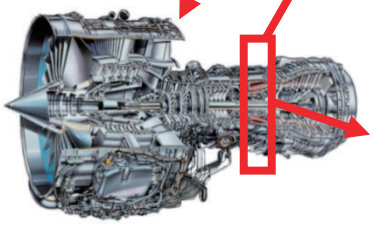
乱流燃焼解析

ジェットエンジンの数値シミュレーション

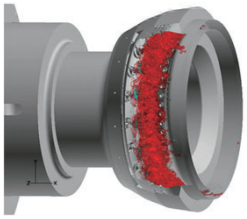


Airplane（©Boeing）

航空機用液体燃料の
微粒化シミュレーション

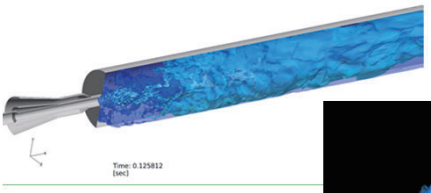


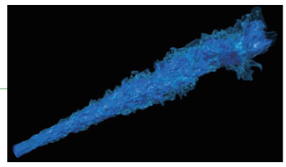
Gas turbine engine
（©Pratt & Whitney）



丸ごと数値シミュレーション
（JAXAと共研）

ロケットエンジンの数値シミュレーション



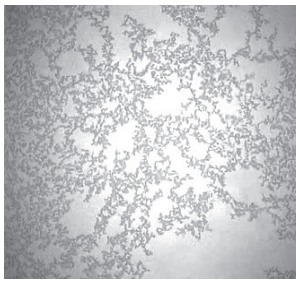


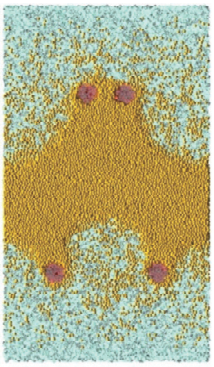
数値シミュレーション
（MHIと共研）

LE-7/7A（© MHI ）

ミクロスケールの輸送現象

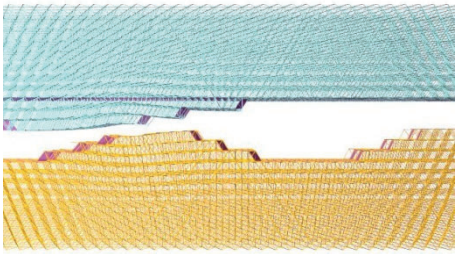
間隙内の流体相変化





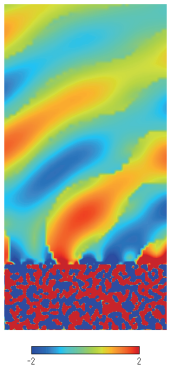
板の間の液体が蒸発する
過程で見られる複雑なパターン

生体潤滑のミクロなメカニズム



軟骨接触時の潤滑の
マルチスケールシミュレーション

ふく射放射の測定とモデリング



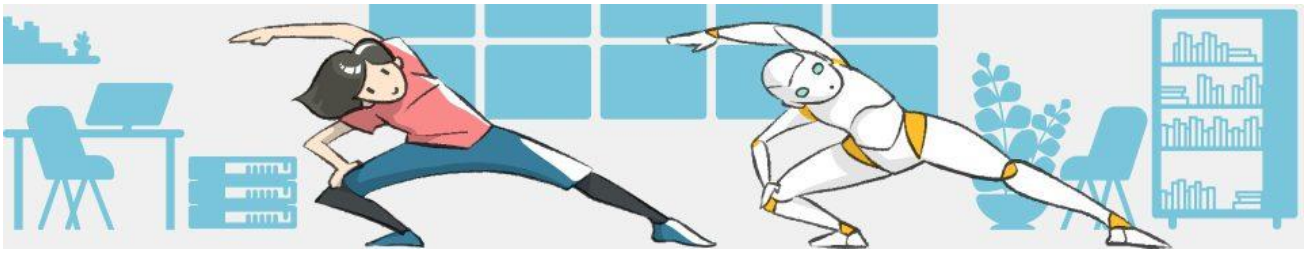
金属表面から
放射されるふく射の
シミュレーション

機械システム学コース　機械理工学専攻
機械力学講座　機構運動工学分野
小森雅晴 教授　　寺川達郎 助教

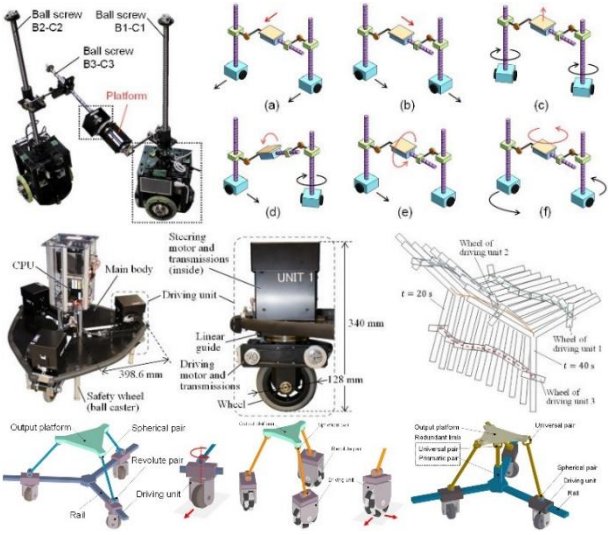
http://www.mefd.me.kyoto-u.ac.jp/

機械とヒトのメカニズムと運動を創る！知る！

移動したり、作業をするロボットは、工場を効率化したり省力化することに貢献しています。また、パーソナルモビリティなどの小さな乗り物は人の生活を便利にしてくれます。我々の研究室では、新しいロボットや機械のメカニズムの提案や、新しい機能を持った乗り物やエンターテイメントを目的とした乗り物の提案をしています。また、ヒトは骨格と筋肉の構造を基にして様々な動きをすることができます。本研究室では、ヒトの動作に含まれる不思議な未知な特性を発見し、ヒトの動作について理解を深める研究や、足・脚の動作によってロボットなどを操作することの可能性を明らかにする研究を行っています。

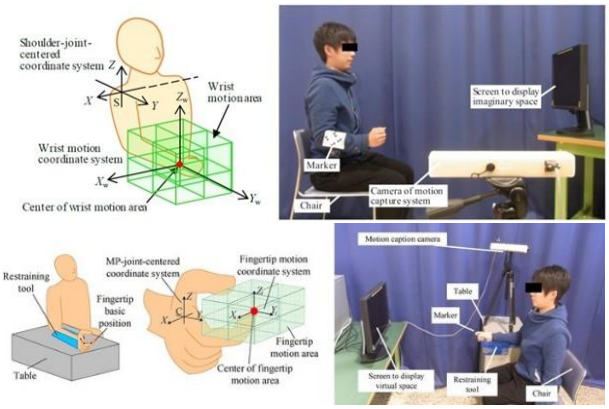


ロボットや機械のメカニズムを創る

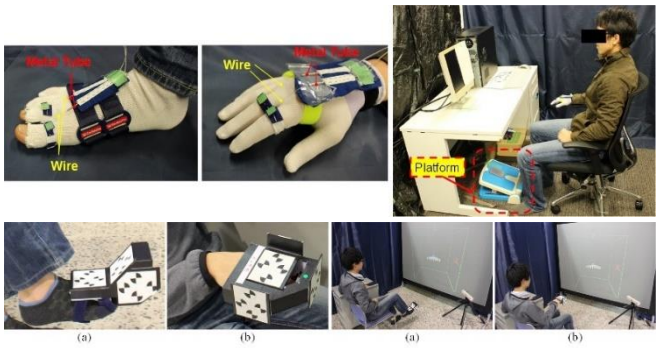


ライディングロボティクス

ヒトの動作特性の不思議を知る



足・脚による操作



機械システム学コース　機械理工学専攻
機械力学講座 機械機能要素工学分野
教授　平山朋子　　助教　安達眞聡

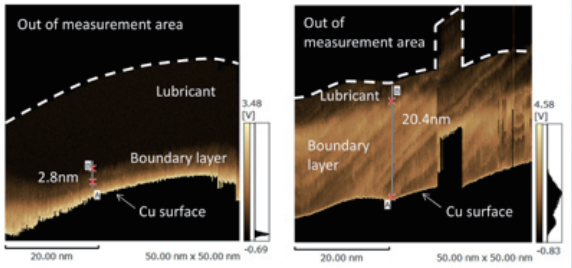
物理メカニズムに立脚した機械要素の高性能化・高機能化

機械を設計する上で、“機械要素”と呼ばれる規格化された部品－例えば、軸受、歯車、軸継手、ねじ、ばね、シール等－の使用は必須であり、見渡せば私たちの身の回りにもたくさんの機械要素が使われています。当研究室は「機械機能要素工学研究室」と銘打ち、機械要素で生じる物理現象の基礎的解明とその知見に基づく機械要素の高性能化・高機能化、さらには従来の機械工学技術関連のものとは異なる物理現象を利用した新しい機械要素技術の開発に取り組んでいます。

各種界面分析法による境界潤滑層の構造および形成メカニズムの解明

機械工学技術において、要素間の摩擦およびそれに伴う摩耗の発生に関する諸問題は極めて重要な課題であり、トライボロジー分野において多くの研究が進められています。

当研究室では、潤滑油中に含まれる添加剤から成る「境界潤滑層（摩擦低減層）」に焦点を当て、さまざまな界面分析手法を用いることで、その構造や物性および形成・脱離といった動的プロセスの解明に取り組んでいます。

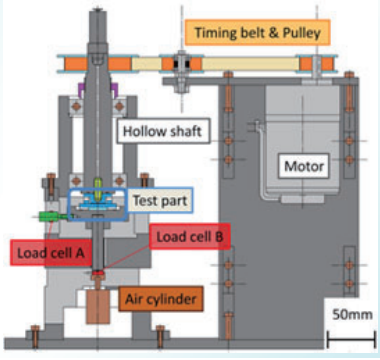


高感度な液中AFMによって得られた
銅／パルミチン酸吸着界面の断面像
（左：分析開始時、右：数時間の分析作業を行った後）

各種摺動試験機による境界潤滑層の摺動特性の把握

境界潤滑状態を表す摩擦モデルが始めて公に提示されたのは1930年代であり、固体間に形成される何らかの層の形成がキーとなっていることは古くより知られていました。しかしながら、境界潤滑層と呼ばれるそのような分子鎖状の層は極めて薄く、その構造や物性は近年に至るまで謎に包まれてきました。

当研究室では、独自の分析装置を用いて、そのような境界潤滑層の物性計測を行っています。

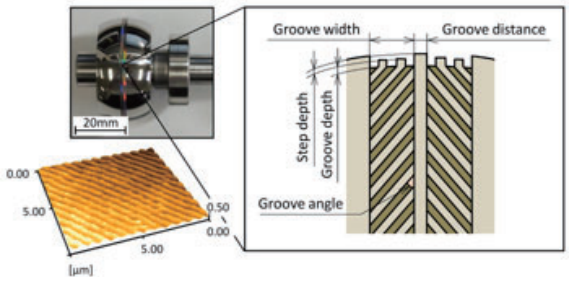


開発した実験装置一例：狭小すきま摺動試験機

ナノテクスチャによる流体潤滑特性の向上とその応用

流体潤滑状態とは油膜を介して非接触摺動を実現している状態を指し、機械摺動面において最も望ましい潤滑形態とされています。その流体潤滑状態をより積極的に作るには、表面テクスチャの形成が有効です。

当研究室では、主に、フェムト秒レーザや精密エッチングによって形成した表面ナノテクスチャを対象とし、流体潤滑から混合潤滑に至るまでの潤滑挙動について詳細な研究を行っています。

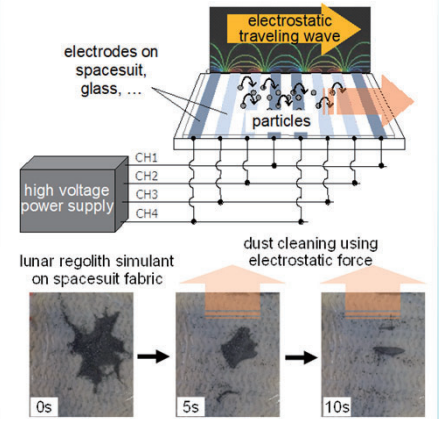


ナノテクスチャ加工を施した球による
EHL油膜厚さ増加実験例

電磁場を利用した月・火星レゴリスのハンドリングに関する研究

長期宇宙探査の実現には、現地資源であるレゴリス土壌の活用が不可欠です。また、このレゴリスは宇宙服や探査機器等に付着し易く、それらの故障を招くことから、その対策が最重要課題の1つとされています。つまり、宇宙環境下で粉体ハンドリングを問題なく行うための機械要素技術・システムが求められています。

当研究室では、宇宙環境との相性が良い静電気力や磁気力を利用して粉体をハンドリングするという、新しい機械要素技術の開発などにも取り組んでいます。



進行波電界を利用した宇宙服のクリーニングシステム

機械システム学コース　機械理工学専攻
先端機械理工学講座 先端システム理工学分野
教授　細田　耕
講師　川節拓実

ソフトロボティクス

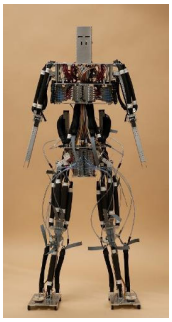
ヒトを含む，自然界に存在するさまざまな種類の生物は，それらが生息する環境内で驚くべき適応性を見せます．このような適応性は，生物の知能のもっとも重要な性質ですが，それがなぜ生まれるか，あるいはなぜ獲得されたかについては，まだはっきりとわかっていません．一方で，これまで作られてきたロボットは，少し環境が変化しただけで，期待した動作をすることができなくなります．両者の間には，どのような本質的な違いがあるのでしょうか？
われわれは，このような適応性の秘密は，筋骨格や皮膚など，生物を構成する柔らかい身体と，脳や神経系に存在する分散的な制御系にあるのではないかと考えています．そして，このような構造を参考にしたソフトロボットをどのように設計し，またそれが実環境で動くためにはどのような制御系が必要かを考えることによってその機能を理解，さらに，工学的に生物を超える適応性を持つ新しいタイプのソフトロボットを創り出すことを目的としています

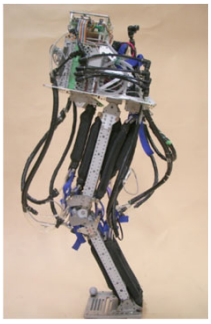
空気圧人工筋の「生物型」制御の開発と実現

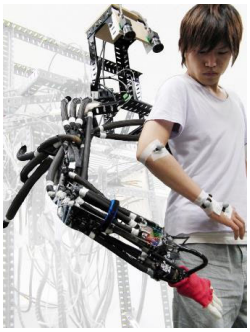
Hosoda Lab. Adaptive Robotics Laboratory

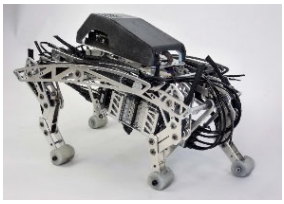
空気圧人工筋によって駆動される人間型ロボットを，エネルギ効率よく制御する新しい手法の開発

人間と同等の筋骨格構造を持つロボットの試作と制御









ソフト・インソールセンサの開発と応用

Hosoda Lab. Adaptive Robotics Laboratory

壊れにくい無線インソールセンサの開発と足裏ビッグデータによるヒト歩行知能の解明

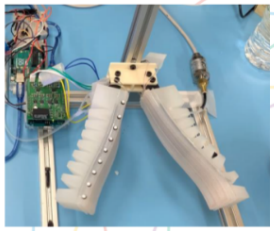
足部データの多様性と適応性に関する原理の解明

イオン液体センサを備えたソフトハンドによる学習とマニピュレーション

Hosoda Lab. Adaptive Robotics Laboratory

イオン液体を活用したソフトセンサの開発とロボットへの実装

文脈に依存したセンサの多モダリティ学習



機械システム学コース　機械理工学専攻

機能創成デバイス工学研究室

講師　平井　義和

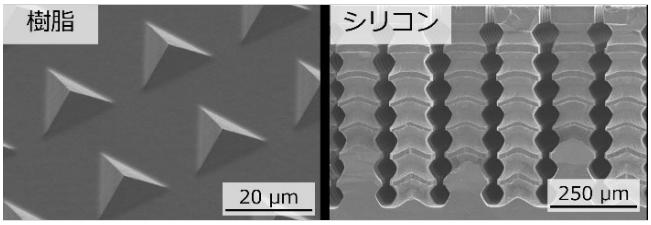
https://mdde.me.kyoto-u.ac.jp

世界最先端・独自の研究データは、オリジナルのナノ・マイクロオーダーの微細加工技術やデバイス、計測技術から生じるものと考えて研究を行っています。創造的・独創的な**ナノ・マイクロシステムの研究開発**に資する**3次元微細加工**と機械工学に基づいた設計・解析を主な基幹技術として、量子干渉効果を用いた超小型**原子時計**や医薬品開発・疾患機序解明における革新的なツールと期待される**生体模倣システム**（Body-on-a-Chip）など、世界をリードする分野融合型研究にも積極的に取り組んでいます。

キーワード：　ナノ・マイクロ加工、ナノ・マイクロデバイス、量子センサ、生体模倣システム、1分子計測

ナノ・マイクロ加工：３次元微細加工技術と設計論の構築

多様化が進むナノ・マイクロデバイスの高機能化・高性能化に対応する独自の**3次元微細加工・集積化技術**（シリコン、ポリマー、ナノダイヤモンド）、また**設計・解析の方法論**を構築することで、これまでにない機能デバイスを開発する研究を行っています。

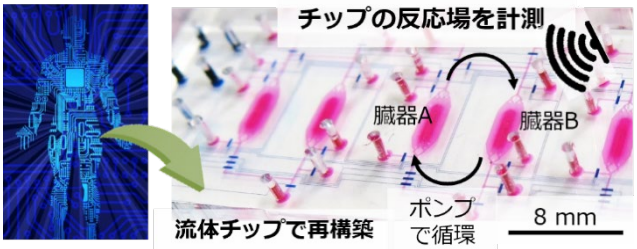


量子センシング：高性能チップスケール原子デバイスの開発

量子科学技術を応用した高度な操作・制御技術の進展により、**センサの感度や計測分解能を極限まで高める研究**が活発になっています。例えば、次世代情報通信基盤（Beyond 5G/6G）や自動運転技術・スカイカーの時空間同期・制御を行うために使う「**高性能な超小型原子時計**」の製造技術を開発しています。

バイオマイクロシステム：センサ・マイクロ流体技術を利用した生体模倣システムの創製

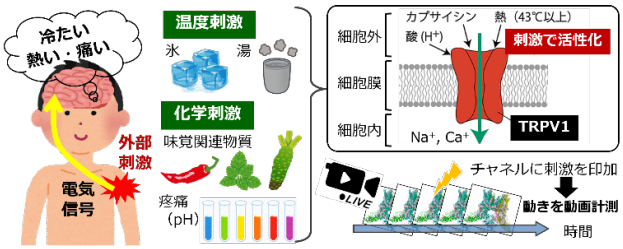
微小な流路や容器で構成される手のひらサイズのマイクロ流体デバイスとヒト由来細胞を使って**体のしくみを模倣する「組織チップ／ボディ・オン・チップ」**は、動物実験を代替する創薬試験デバイスとして世界的に注目されています。本研究では、チップにセンサを搭載して細胞組織や臓器間相互作用をリアルタイムに計測する技術を開発し、**新しい医薬品の開発や疾病進行・機序の解明のスピードアップ**を目指しています。



桂図書館・「桂の庭」で紹介中
https://seeds.t.kyoto-u.ac.jp/seeds/hirai/

ナノバイオ科学：膜タンパク質の機能制御機構を解明する１分子動態計測技術

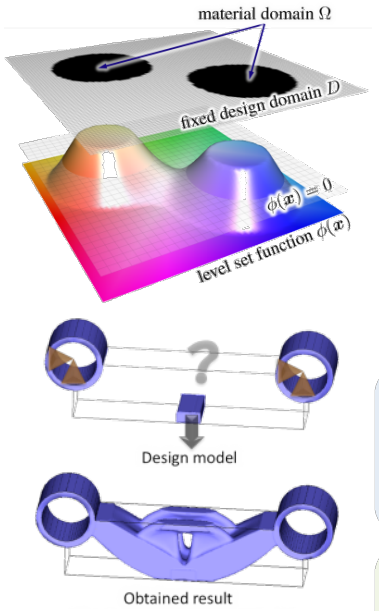
細胞膜に存在する**温度感受性（TRP）イオンチャネル群**は、生体マルチセンサとして熱や力、化学物質による刺激を感受して働くことが知られています。その本質的な機能を理解するために、マイクロデバイス技術を使って物理・化学的刺激を TRP チャネルに印加し、**機械のように動く様子をその場で動画計測**する「1分子計測技術」に取り組んでいます。



機械システム学コース　マイクロエンジニアリング専攻
構造材料強度学講座
教授　泉井一浩，　講師　林聖勳，特定助教　韓霽珂

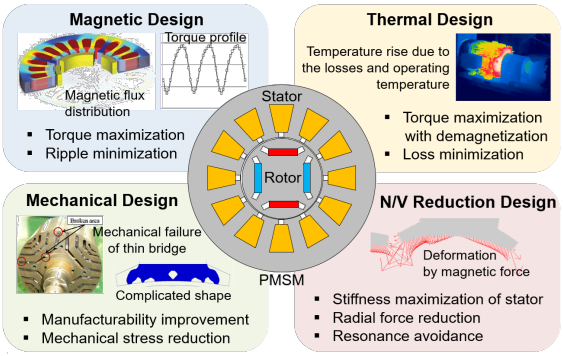
Topology optimization
-トポロジー最適化-

トポロジー最適化は，構造物の最適な形状・トポロジー（穴の数）を，物理学・数学理論に基づくコンピュータ計算により自動的に求める方法であり，次世代の機器設計開発に必要不可欠な基盤技術として，学術界・産業界において注目されています．当研究室では，レベルセット関数による形状表現（左図上）を用いた独自の最適設計手法に基づき，機器の高性能化・高機能化に加えて，今までにはない新しい機能を持つデバイスや材料の創成設計法の開発を，世界に先駆けて取り組んでいます．



Electromagnetic devices
-電磁デバイス-

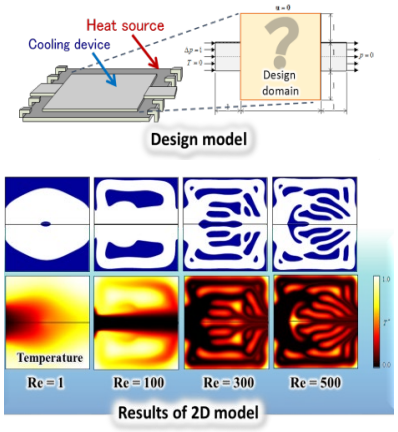
近年の環境問題に関連し，燃費に対する規制が厳しくなっています．そのような状況の中，産業界では燃費向上のために電磁デバイスを用いることが増えています．私たちの研究室では，下図のような電磁デバイスの性能を向上させるためのマルチフィジックス・マルチマテリアルの最適設計手法を開発しています．

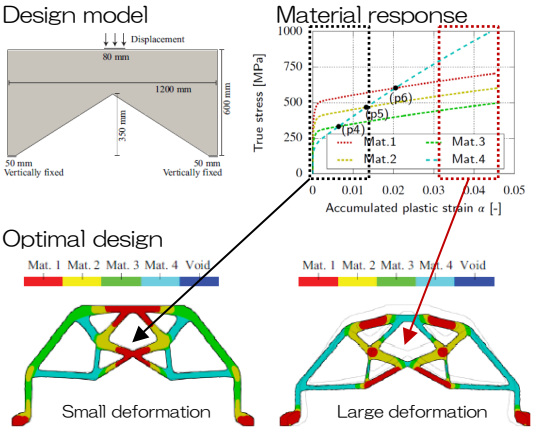


国際競争を勝ち抜く
革新的な次世代機器
先駆的な新産業の創成を目指して

Thermal fluid devices
-熱流体デバイス-

代表的な熱流体デバイスとして，流れによる熱交換・冷却を行うヒートシンクがあります（右図）．熱・流体のように複数の物理現象が連成する問題に対しても，トポロジー最適化法を適用することができます．当研究室ではこの他にも，ペルチェ素子やピエゾ素子等の様々なマルチフィジックスデバイスの最適設計法の開発を行っています．





Activities
-活動実績-

日本機械学会，日本計算工学会，精密工学会を中心として，関連する講演会及び学術雑誌において，研究成果を発表しています．
国外では WCSMO を始めとする最適設計分野の国際会議，WCCM を始めとする計算力学分野の国際会議において講演発表を行っています．さらには，*"Computer Method in Applied Mechanics and Engineering"* などの著名な国際雑誌において研究成果を発表しています．

Material nonlinearities
-材料非線形性-

ゴムや金属などの多くの材料は粘性，塑性，損傷といった材料非線形性を示します．本研究室では，材料力学理論とトポロジー最適化法を積極的に組み合わせることで，これまでの手法では実現不可能な，材料特性の特異性を発揮する形状を創出する最適設計法の研究を進めています．

機械システム学コース　マイクロエンジニアリング専攻

ナノシステム創成工学講座　マイクロバイオシステム分野

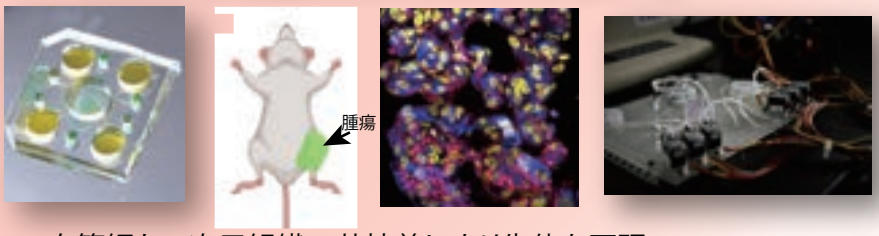
教授 横川 隆司，准教授 藤本 和也，特定助教 松本 倫実

研究室HP: http://www.mbsys.me.kyoto-u.ac.jp/

横川研究室　メンバー

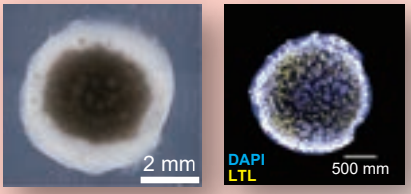
教授	1名	研究生	2名
准教授	1名	博士前期課程	8名
特定助教	1名	学部生	6名
博士研究員	1名	技術補佐員	4名
博士後期課程	5名	秘書	1名

Organ-on-a-Chip/MPS（生体模倣システム）
体の中の組織を体の外で再現する



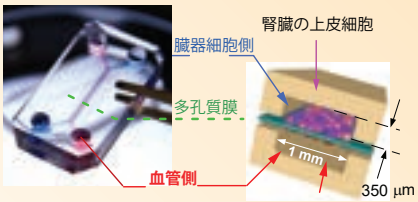
血管網と三次元組織の共培養により生体を再現

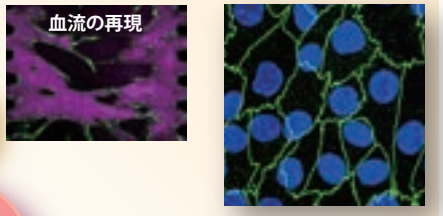
疾患モデルとして診断や創薬技術に応用



iPS細胞由来腎臓オルガノイド

デバイス内の組織を”見る”





デバイス内の構造
を詳細に観察

マイクロバイオシステム

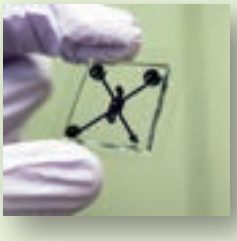
生体機能を
見る

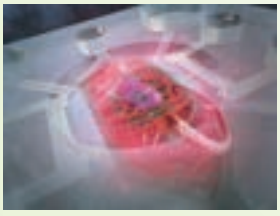
生体機能を
作る

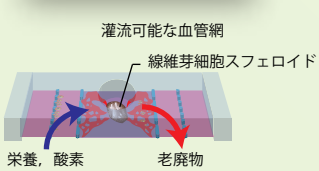
生体機能を
測る

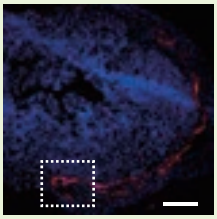
血管網とつながった組織を”作る”

オンチップ血管新生



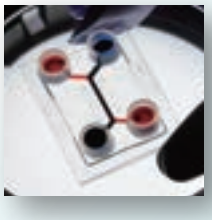


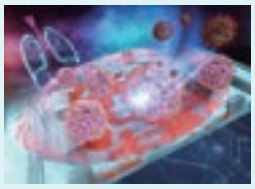


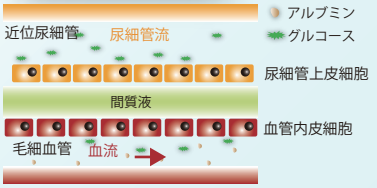


がんや脳を再現した組織に
血管網を接続し薬剤開発へ

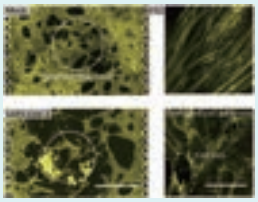
物質輸送や免疫応答を”測る”







腎臓の近位尿細管による
物質輸送機能



ウイルス感染への応答

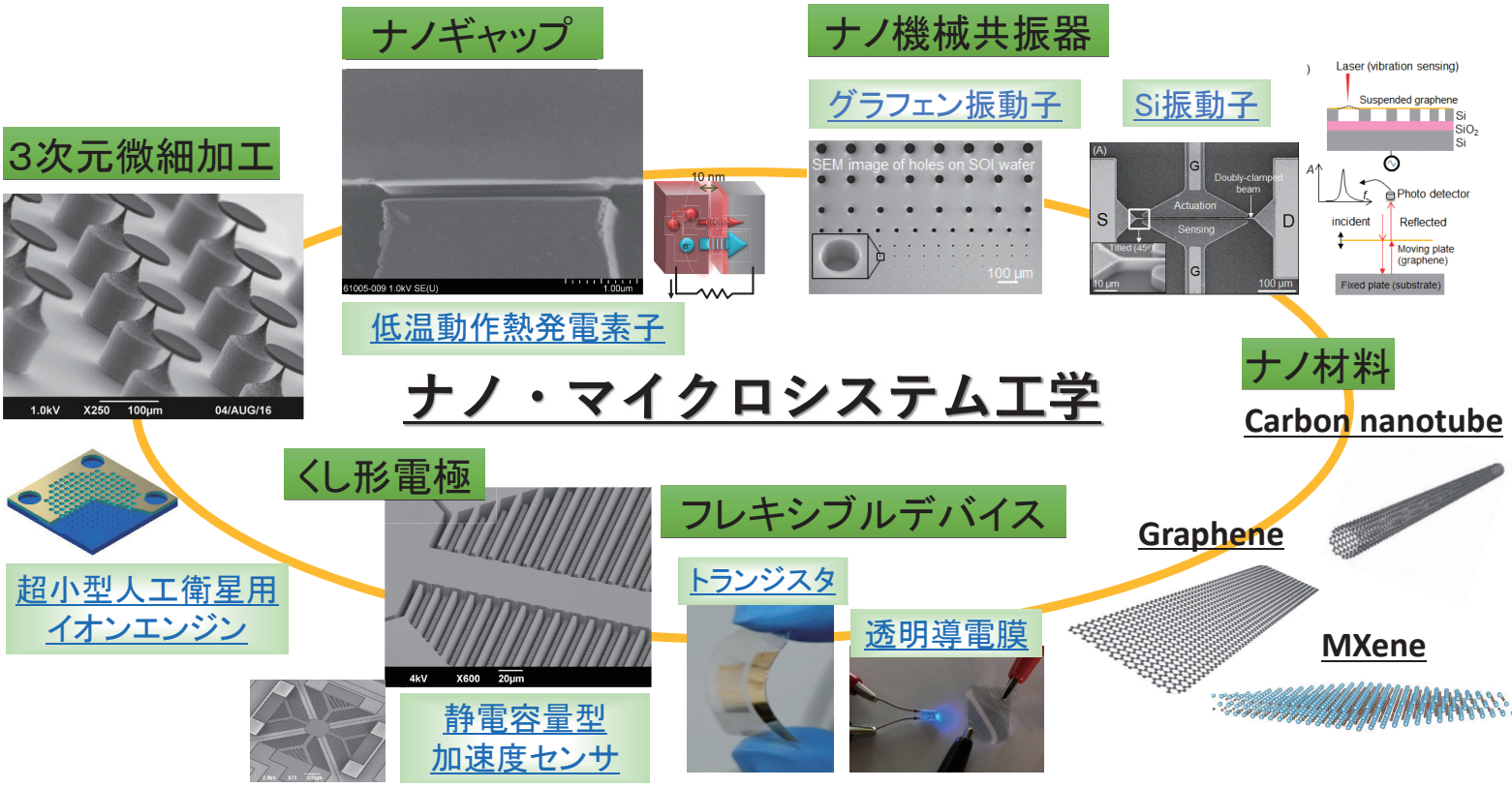
デバイスで再現した組織で生体機能を評価

機械システム学コース　マイクロエンジニアリング専攻
ナノシステム創成工学講座 ナノ・マイクロシステム工学分野

研究室構成員

教授 土屋 智由　　准教授 廣谷 潤　　講師 Amit Banerjee　　特定助教 霜降 真希

秘書 1名、研究員 1名
学生:
博士課程 3名
修士課程 12名
学部生 6名
（2024年6月現在）



研究内容

主に**半導体微細加工技術**で作製するナノ・マイクロスケールの機械、すなわち**ナノ・マイクロシステム**に関する研究をしています。この領域では**寸法効果**によってマクロの機械とは異なった現象、たとえば身近にありながらあまり注目されない**静電気**、**気体の粘性**、さらには**量子効果**に基づく現象を取り扱い、機械工学を新しい視線で理解することが求められています。我々は、**ナノスケールサイズの新材料**や最新の**加工技術、計測・評価技術、設計・解析技術**を駆使して、新たな機械を創成することを目指しています。

＜詳細はホームページで＞　https://www.nms.me.kyoto-u.ac.jp

京都大学　ナノ・マイクロシステム工学研究室　検索

機械システム学コース マイクロエンジニアリング専攻

ナノサイエンス講座　ナノ物性工学分野

准教授　中嶋 薫

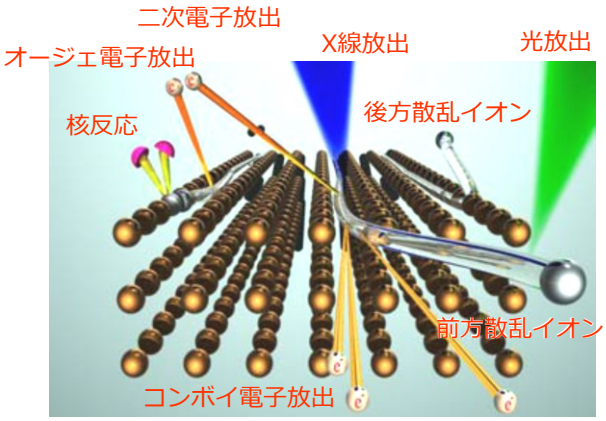
ナノテクノロジーの扱う対象の大きさは1 nmから1 μm程度です。物質がこのような大きさになると、巨視的な大きさの物質とは異なる物理的・化学的性質が現れます。当研究室では、ナノスケールの領域での固体・液体の構造や性質に関する研究を行っています。

1 μm（マイクロメートル）= $\frac{1}{1{,}000{,}000}$ m　　1 nm（ナノメートル）= $\frac{1}{1{,}000{,}000{,}000}$ m

高速イオンと表面の相互作用の解明

マイクロマシンや超LSIなど、工学のいろいろな分野で微細化が進んでいます。扱う対象が小さくなると、表面の影響が大きくなるため、表面の構造を知ることや表面を制御することが重要になっています。当研究室では、高速のイオンを使って表面を調べたり、表面を加工または制御したりするための基礎として、高速イオンと表面の相互作用を調べています。

マイクロイオンビーム解析実験装置
(京都大学量子理工学教育実験センター)

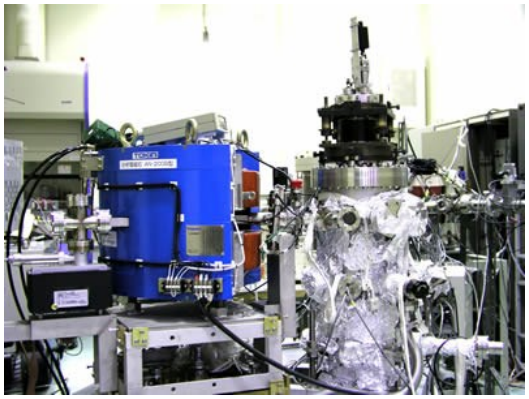


高速イオンと表面との相互作用の結果、光放出や二次電子・二次粒子放出などの様々な興味深い現象が観察されます。

超小型高分解能RBS装置の開発と応用

ナノテクノロジーにおいては、原子数個分程度の厚さの各種の薄膜が主役になっています。望み通りの高品質の薄膜を作るためには、それらを測る（分析する）技術が不可欠です。このため原子レベルの分解能を持った分析手法の開発が求められています。当研究室では、高速イオンを使って世界で初めて１原子層ごとの組成分析・構造分析を可能にする高分解能RBS法を開発しました。さらに、神戸製鋼所との共同研究で装置の小型化と製品化に成功しました。

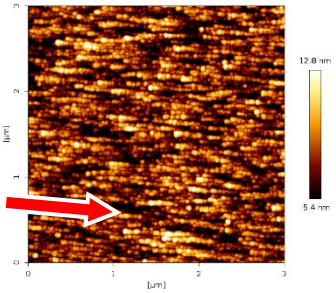
【右写真】イオン散乱分析（高分解能RBS）装置



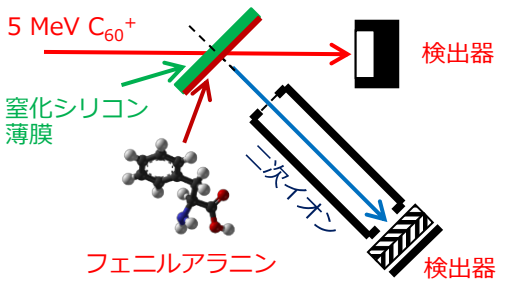
高速クラスターイオンを用いた加工法・分析法の開発

多数の原子で構成されるイオンをクラスターイオンといいます。高速のクラスターイオンを物質に照射すると、非常に狭い領域に一度にエネルギーが与えられるので、1個の原子から成るイオンを照射したときと全く異なる効果が得られます。

高速クラスターイオンと物質との相互作用の解明と、これを利用した表面加工法や、高感度な表面分析法の開発に取り組んでいます。



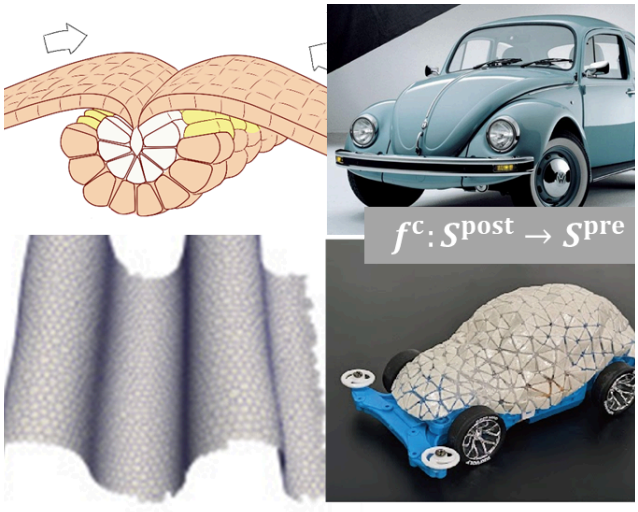
高速C_{60}イオンを斜めに照射したアミノ酸薄膜の表面（原子間力顕微鏡像）



高速のC_{60}イオンを薄膜試料に照射することで、試料表面に存在する生体分子を高感度で分析することができます。

生命数理科学

Math Meets Life From Lab 2024



数学が拓く！生物の形づくりと未来のものづくり

私たちの体は、無数の細胞からできています。博士課程の三村君と特定研究員の森川さんは、数学の力でその謎に迫っています。三村君は、細胞をシンプルな「点」と捉え、その相互作用を計算することで、組織全体の変形をシミュレーションできる画期的なモデルを開発し、iPS細胞を使った再生医療での臓器作製に役立つと期待されています。森川さんは、数学的な写像で生物の成長を分析し、複雑な生物の形がどのように作られるのかを解明しました。これらの原理を応用し、まるで細胞が体を作るように、工業製品が勝手に作られる未来的な技術の開発を行っています。

ロボットの未来を動かす脚機構の進化！

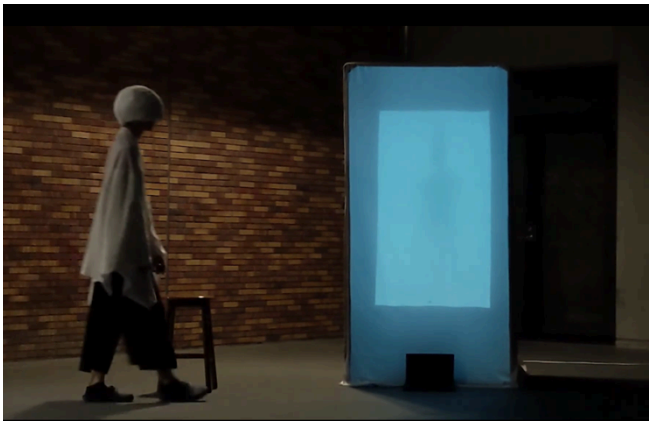
博士課程の松本君は、動物のように滑らかに動けるロボットの脚を実現するため、「リンク機構」を自動で設計する研究をしています。従来の設計では難しかった、設計者の発想を超えた自由な形のリンク機構を、コンピュータの中で進化させて生み出せるのだそうです。

編集後記

メンバーたちの熱意と、未来への希望に満ちた言葉に、心を打たれました。彼らがこれからどんな未来を創造していくのか、楽しみでなりません！
[制作・編集担当　教授 井上 康博]

アートと科学の融合が生み出す、新たな表現！

博士課程の根本君は、隠すことで想像力を掻き立てる芸術表現を研究しています。絵画の一部を覆い隠したり、あえてぼかしたりすることで、見た人が自由に想像を膨らませられるように工夫した作品を制作し、展示会やコンペティションで活躍しています。 根本君は、「開発した情報提示手法で再構成した日常風景の中に、かつて妖怪と呼ばれた異形のものたちと遭遇する日を夢見ています！」と、今後の展望を語ります。



工学研究科 マイクロエンジニアリング専攻
マイクロシステム創成講座 マイクロ加工システム分野
教授 鈴木基史，准教授 名村今日子

http://www.mpe.me.kyoto-u.ac.jp

研究の概要　マイクロ・ナノデバイスにおいては様々な材料の微細な形状を整えることで，性能の飛躍的な向上や，新しい機能性の実現が期待できます．高度に発達したトップダウンの微細加工技術に加えてボトムアップのプロセスを取り入れることで，従来にない新しい構造をもったデバイスをデザインし，創り出すことが可能になります．本研究室では，ボトムアップの手法に基づいた新しいナノ形態の制御法の開発とその応用を目指した研究を行っています．

1. ナノ形態の制御: 原子や分子の蒸気が固体表面で凝集するプロセスを理解してそれを利用することで，10^{-8} mレベルの微小な要素の形を制御します．(図1)

2. ナノ形態を用いた光の制御: ナノ形態を制御すると，均一な物質にはないユニークで有用な特性が得られます．新しい機能の探索から実用化まで幅広い研究を行っています．(図2)

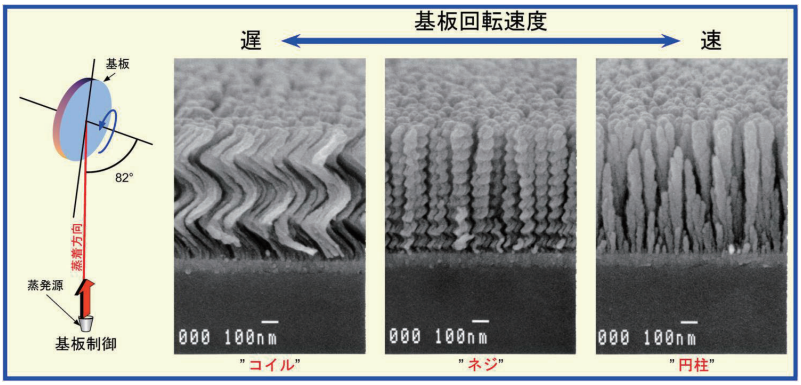


図1. 動的斜め蒸着法による螺旋型ナノコラム構造の形成.
M. Suzuki et al., Jpn. J. Appl. Phys., 40, L398 (2001).

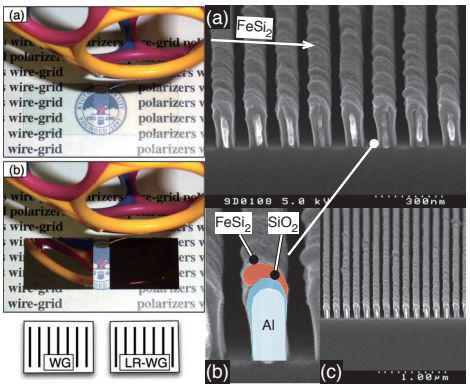


図2. 液晶プロジェクタに搭載された低反射型ワイヤグリッド偏光板.
M. Suzuki et al., Nanotechnology, 21, 175604 (2010).

3. ナノ形態を用いた流れの制御: 光を熱に変換できるナノ形態を用いて，ごく少量の液体を操る流れを発生できます．このユニークな流れの発生原理解明と制御に関する研究に取り組んでいます．(図3,4)

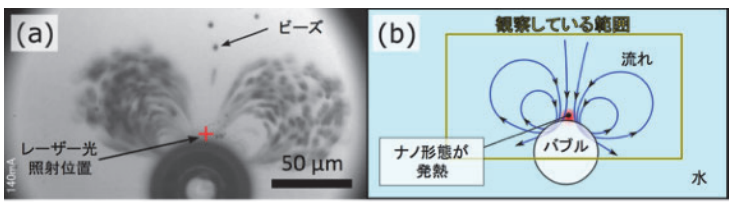


図3. マイクロバブル周辺に誘起される典型的なマランゴニ対流の(a)顕微鏡像と(b)その模式図.
K. Namura et al., Appl. Phys. Lett., 106, 043101 (2015).

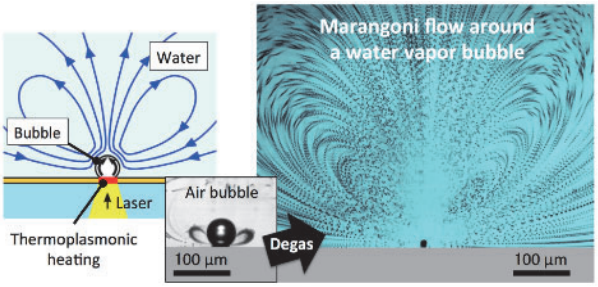


図4. 水蒸気マイクロバブルおよび 1 m/s オーダーの劇的な対流の生成に成功.
K. Namura et al., Sci. Rep., 7, 45776 (2017).

機械システム学コース・ マイクロエンジニアリング専攻

マイクロシステム創成講座　精密計測加工学分野

教授　松原 厚, 准教授　河野 大輔, 技術専門員　山路 伊和夫

精密計測加工学研究室では…… 現代の生産現場を支える機械加工についての研究を行っています．特に，機械を作る機械である「マザーマシン」＝工作機械の運動精度の向上や工作機械そのものの技術革新，さらに，加工の難しい工作物のための加工プロセスの提案などに取り組んでいます．

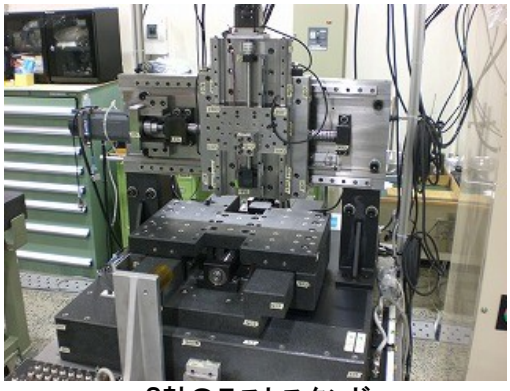
より詳細は： 研究室ホームページ　http://mmc.me.kyoto-u.ac.jp/

「マザーマシン」＝工作機械

日常にあふれる工業製品を生産するための機械，機械を作る機械の意味で工作機械は「マザーマシン」と呼ばれるときがある．工業生産の根幹を支える機械であり，日本のメーカは世界市場でトップレベルにある．

Project　多軸加工機の高精度化

日常にあふれる工業製品の多くは，工作機械と総称される機械を用いて生産される．近年，直交 3 軸（X，Y，Z）に加え，工作物・工具の傾きを制御するための回転軸を持った工作機械が急速に普及している．特に，回転テーブルとその傾斜軸を持った 5 軸制御工作機械は航空機エンジン用タービンブレードの加工などで活躍している．5 軸制御工作機械による加工は，回転運動と直進運動の組み合わせになる．そのため，5 軸制御工作機械は，従来の 3 軸制御工作機械と比較して加工精度が劣ることが多い．しかし，回転軸・直進軸が持つ誤差要因が複雑に影響し，最終的な加工精度として転写されるために，誤差の原因分析や低減は非常に難しく，多くのメーカで課題とされている．本研究室では，3 軸・5 軸制御工作機械の運動誤差の測定法，測定装置開発，誤差の原因分析に基づく補正法提案などに取り組んでいる．

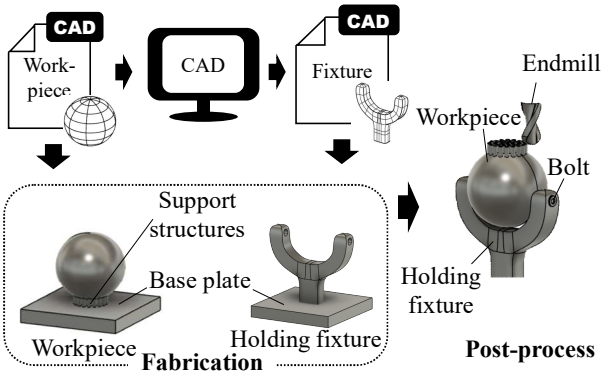


3軸のテストスタンド

本研究室で試作した超精密テストスタンド
市販機と異なり，様々なセンサや付加駆動軸を搭載可能．

Project　高能率・高精度な加工機のための技術

産業革命以来の長い歴史を持つ工作機械は，それを構成する要素技術の多くは成熟している．しかし，近年の更なる高能率化・高精度化の要求に応えるためには，加工・制御・計測・機械要素・設計技術など多方面からの技術的なブレークスルーが必要である．右の写真は本研究室で試作したテストスタンドである，学生や教員のアイデアに基づいて，センサや駆動軸の追加など，少しずつ改良が加えられ，案内や駆動機構などの機械要素の誤差解析とその改良，誤差補正技術の提案，加工や機械の状態のモニタリング技術などの研究に使用されている．



Additive Manufacturing を前提とした加工プロセス

AM の自由度の高さを活用するために，最適化手法を応用して，製品と加工用の冶具を同時に設計・生産するプロセスを研究している．

Project　次世代の生産加工技術のために

現代の生産工程において，切削・研削などの除去加工と，プレスなどの成型加工は中心的な役割を果たしている．近年は 3D プリンタとも呼ばれる Additive Manufacturing (AM)が発達し，AM を応用した生産加工技術の発展が期待されている．また，従来型の加工技術であっても，低い環境負荷や生産環境（保有機器の稼働状況，サプライチェーン，etc.）の変動に対する生産継続性など，新たな課題解決への要求が高まっている．社会の幸福を持続的に維持できる次世代の生産加工のために，新旧様々な機械の混在する生産現場であっても情報を共有・分析でき，人の意思決定を助けるようなシステム，ものづくりのハードルを下げて，人の創造性を自由に発揮できるシステムの実現を目指している．

機械システム学コース　マイクロエンジニアリング専攻

バイオメカニクス分野

教授 安達 泰治　助教 牧 功一郎　助教 竹田 宏典

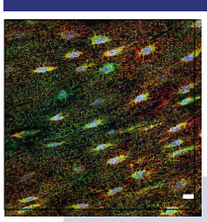
研究概要　力学 × 生命科学 × 医科学

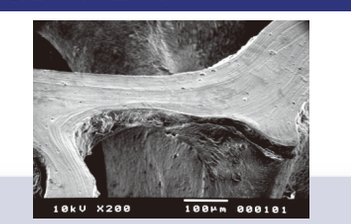
生物の発生過程における細胞分化、形態形成、成長、さらには生体組織・器官のリモデリングや再生による環境への機能的適応など、多様な生命現象における自律的な制御メカニズムの解明を目指し、力学、生命科学、医科学を含む学際的研究を行っている。特に、細胞・分子レベルにおける要素過程と、それらの複雑な相互作用により組織・器官レベルにおいて創発される生命システム動態の本質を理解するため、「力学環境への適応性」と「構造・機能の階層性」に着目し、実験と数理モデリング・計算機シミュレーションを組み合わせたバイオメカニクス・メカノバイオロジー研究を進めている。

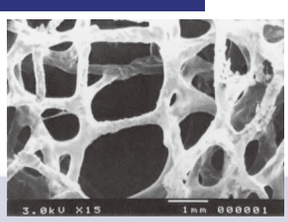
研究テーマ

（1）力学環境に応じた生体システムの構造・機能適応のメカニズム
（2）多細胞組織の発生・形態形成の多階層力学モデリングとシミュレーション
（3）骨細胞の力刺激感知と細胞間コミュニケーションによる骨リモデリング
（4）ゲノムDNAの力学動態を介した細胞分化・老化メカニズム
（5）細胞内構造の力学制御に基づくマイクロ・ナノマシナリー

骨組織の機能的適応のバイオメカニクス


骨細胞による
力学刺激感知

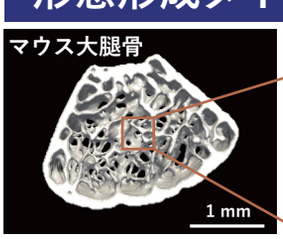

骨梁の形態変化

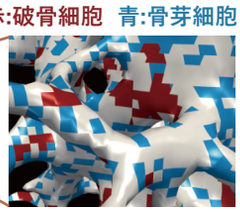

海綿骨の形態変化

大腿骨の
機能的適応

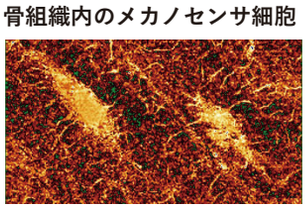
骨は、周囲の力学環境変化に応じてリモデリングすることで、外部形状や内部構造を能動的に変化させる。力学刺激に対する骨構成細胞の協調的な代謝活動が、骨組織の機能的適応変化を引き起こすメカニズムの解明を目指している。

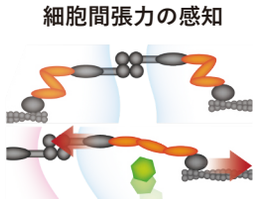
形態形成ダイナミクスの多階層バイオメカニクス



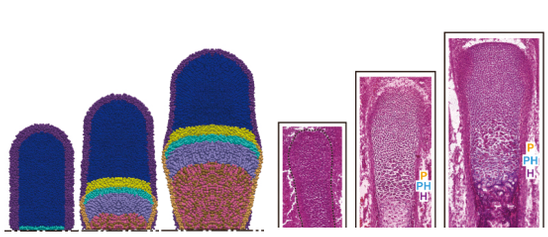


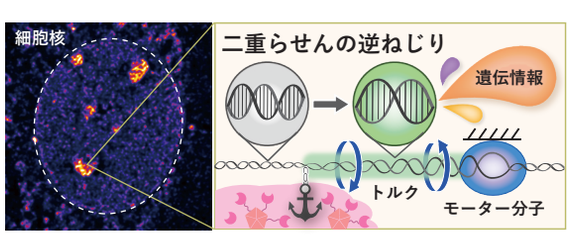
骨リモデリングによる機能的適応





細胞による力感知の分子メカニズム


多細胞の増殖による組織形態形成



細胞核内におけるDNAの力学動態

力学的な視点から、細胞・分子レベルの複雑な相互作用より組織・器官レベルにおいて創発される生命システム動態の理解を目指し、実験や数理モデリング・シミュレーション、人工ナノ・マクロシステムを駆使して研究を進めている。

機械システム学コース　マイクロエンジニアリング専攻

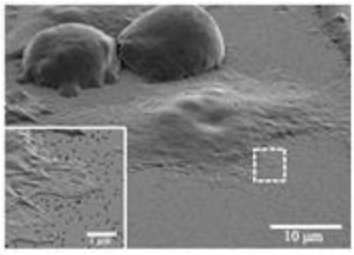
ナノ生物工学分野

教授 新宅博文，助教 金子泰洸ポール，特定助教 峯岸美紗

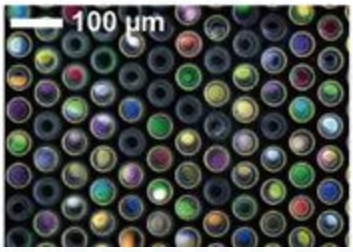
Our research endeavors focus on elucidating the cross-scale system from single cells to complex organisms and understanding the mechanisms underlying diseases that arise from organizational disruptions. We pioneer innovative omics methodologies, leveraging advancements in micro/nanofluidics and electrokinetics, to unravel these fundamental questions

Exploring cell mechanics with single-cell omics approaches

The mechanical properties of cells are known to be associated with physiological states in various biological contexts, such as cell differentiation, cancer, and aging. To elucidate the intricate molecular mechanisms governing cellular behavior in diverse biological processes, We have developed novel methods capable of integrating cell mechanics profiling with unbiased transcriptomics for thousands of single cells (Shiomi *et al., Nat Commun.*, 2024).



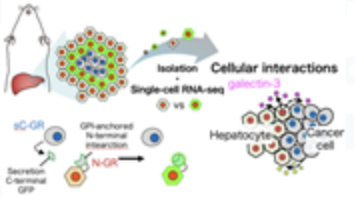
Linking phenotypic response to perturbation and transcriptome



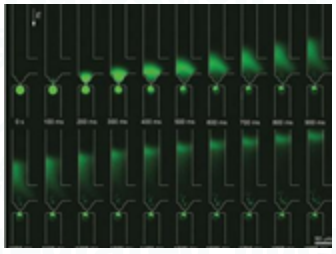
Genetically identical cells can show diverse responses to drugs, leading to different cell fates, such as drug resistance in cancer. To study the molecular cascade of how the variation in gene expression gives rise to different phenotypic responses, we introduced a method combining optical indices from cells and hydrogel beads with single-cell RNA sequencing, linking cellular drug responses to gene expression variations (Tsuchida *et al.*, *LabChip*, 2024).

Hunt for aiding and abetting cells in metastatic niches with secretory GFP reconstitution

During metastasis, cancer cells interact with nearby tissue-resident cells to form niches that support their growth. However, the molecular mechanisms promoting metastatic growth are not fully understood due to the lack of methods to analyze cell-cell interactions. We developed sGRAPHIC to fluorescently label and isolate these interacting cells, allowing for their characterization using single-cell RNA sequencing (Minegishi *et al.*, *Nat Commun.*, 2023).



Resolving the regulation of mRNA expression at subcellular resolution



Protein coding transcripts are synthesized and processed in the nucleus before being exported to the cytoplasm for translation. However, our understanding of nucleocytoplasmic isoform usage, nuclear export, and transcript degradation is limited at the population level, and their effects on cellular heterogeneity remain largely unexplored. We developed a method called single-cell integrated nuclear and cytoplasmic RNA sequencing (SINC-seq) (Abdelmoez *et al.*, *Genome Biol*, 2018; Oguchi *et al.*, *Sci Adv*, 2021).

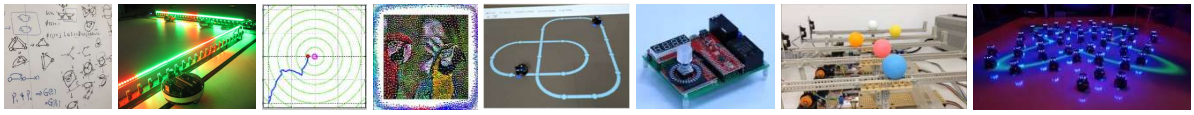
研究室の場所　医生物学研究所２号館４階411室

詳細はWEBで　www.hshintaku.com

機械システム制御分野

教授　東　俊一　・　助教　坂野　幾海

動的システムのダイナミクス（動き）をデザインするための学術的基盤が「システム制御理論」です．本研究室では，システム制御理論の開発とそれを先端科学分野や産業界に展開します．特に，「物理と情報をつなぐ」という視点から研究を実施し，新しい未来を拓く動的システムの創成に挑戦します．また，この研究活動を通じて，学界や産業界においてシステム制御のリーダーになれる人材を育成します．



マルチエージェントシステムの制御と群知能化　マルチエージェントシステムとは，複数のエージェントの局所的な相互作用をもとに大域的な機能を発現するシステムのことです［東ほか，マルチエージェントシステムの制御，コロナ社，2015］．近年，産業界で大きな注目を集めているスマートグリッド，スマート物流，自動車の自律化（自動運転）を実転する技術として，また，システム生物学や群知能学の数理モデルとして重要な研究対象になっています．本研究室では，エージェント間の情報の流れに注目してマルチエージェントシステムの解析と制御のための理論を構築します．さらに，マルチエージェントシステムを，大規模システムを制御する「群知能」にまで昇華させるための研究を実施します．

量子化制御　大規模システムの制御においては，現実世界に存在する物理系をセンサで計測し，サイバー空間でその情報を分析して制御入力を生成します．現実世界の物理量は連続的な値になるのに対し，サイバー空間で扱われる情報は離散的な値となります．このような連続値の物理量と離散値の信号が混在したときに必要となるのが量子化制御です．本研究室では，サイバー空間で扱う情報量と現実世界での制御性能の関係を明らかにし，それを基に量子化制御の設計理論を構築します．

データ駆動型システム解析と制御　動的システムを解析する際の標準的なアプローチは，「計測データ ⇒ 数理モデル ⇒ 解析結果」という手順に従うことです．しかし，計測データが不十分な場合には，精度の良い数理モデルが得られず，手順の途中で断念することもあります．そこで，計測データから，モデルを構築することなく，直接，解析結果を得る，すなわち「計測データ ⇒ 解析結果」というデータ駆動型のアプローチが重要です．本研究室では，データ駆動型アプローチが本質的に必要となる解析問題や制御問題の特徴付けと，具体的な解法の開発を行います．

先端科学分野や産業界への展開

化学・ロボティクス・AI：分子ロボティクス，分子サイバネティックス，医療：疾患の予兆検出と予防，生物：生体ネットワーク，データ科学・エージェント：オープン群知能学，交通：トラックの隊列走行制御，エネルギー：エネルギー管理システム

※ 研究室ウェブサイト：http://www.ctrl.sys.i.kyoto-u.ac.jp/

情報学研究科 情報学専攻 システム科学コース
人間機械共生系講座 ヒューマンシステム論分野
教授　加納 学 ，講師　江口 佳那，助教　加藤 祥太

自分たちの研究で，社会をより良くしたい，人を幸せにしたい．これまでに培ったデータ解析・モデリング・制御の技術を基盤にして，対象を選ばないシステム科学的アプローチにより，その想いを実現する研究に取り組んでいます．鉄鋼・製薬・半導体・化学などの製造業で高品質製品の安定生産を省資源・省エネルギー下で実現するために，様々な病気が引き起こす苦しみから患者さんを解放し，人々が健康であり続けることを支援するために，あるいは美味しく栄養価の高い農作物の収量を最大化し，生産者と消費者の双方を笑顔にするために，企業・病院・行政とも協力しながら，それぞれの現場に入り込み，解くべき重要な課題を見付けて，粘り強く解決しています．

研究１）プロセスデータ解析・制御・最適化：企業との共同研究で本物の課題を解決

製品品質を制御したくても肝心の品質をリアルタイムには計測できない．不良品をなくしたいが原因がわからない．超高効率生産を実現したいが実現方法がわからない．そのような産業界に共通する課題を解決するため，プロセス・インフォマティクス（プロセスデータ解析技術）や制御技術を開発し，様々な産業界で研究成果の実用化を進めています．製造分野でのデジタルトランスフォーメーション実現の鍵を握る研究です．

研究２）物理モデル自動構築 AI の開発

製造プロセスを思い通りに動かすためには，プロセスの挙動を正確に表現できる物理モデルが欠かせません．しかし，物理モデルの構築は極めて難しく，専門家が長い時間をかけて取り組まなければなりません．その労苦から専門家を解放し，短期間でモデルを利用可能にするため，文献情報から自動的に物理モデルを構築できる人工知能（AI）を開発するという壮大な目標を掲げて挑戦しています．

研究３）生体信号処理による医療・ヘルスケアサービスの創出

ウェアラブルヘルスケアサービスに注目が集まっています．本分野では，ドライビングシミュレータや脳波計，回路製作環境を整備し，病院や企業と共同でウェアラブル心拍センサを用いたてんかん発作予知・運転時居眠り検知・ストレス評価などの医療・ヘルスケアサービスを開発しています．研究成果を社会実装するため，2018 年にクアドリティクス株式会社を創業しました．

研究４）農業システム工学：生産者と消費者の共栄を目指す地域密着型研究開発

種子島の自治体や生産農家さんと一緒に，スーパー安納いもプロジェクトを推進しています．自然を相手にする農業では，いかに美味しい農作物を安定して栽培するかが課題です．そこで，土壌，気象，栽培，貯蔵のデータを収集し，モデル化することで，最適な農作業を助言できるシステムを開発しています．さらに，美味しさを予見できる非破壊分析技術の実現，最高に美味しい焼き芋を焼くための焼き芋シミュレータの開発にも取り組んでいます．

機械システム学コース　情報学研究科システム科学コース

人間機械共生系講座 統合動的システム論分野

教授　大塚敏之，助教　星野健太

あらゆるシステムのモデリング，解析，設計，制御

人間，機械，社会，環境などさまざまな対象を包含する今までにないシステムを解析・設計し共生と調和を実現するには，システムのモデリング，解析，設計，制御における普遍原理の解明が不可欠です．そのために，さまざまな問題で根本的な困難となる非線形性や不確かさを扱う新しい方法論や，動的最適化アルゴリズムについて研究しています．そして，あらゆる分野への応用に取り組み，理論的かつ実践的な教育・研究を行っています．

システムのモデリングと制御

モデリング
機械などのシステムにおいて，入力（加える力や操作量）に対してどのような出力（動き）が生じるかを数式で表す

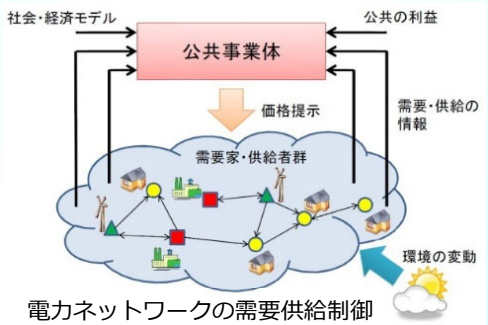
制御
望ましい出力を実現するように入力を加える．入力の決め方が重要

ドローン

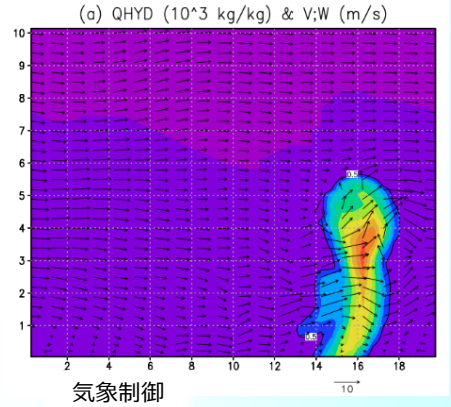
四脚ロボット

浮体式洋上風力発電システム

テザー衛星



電力ネットワークの需要供給制御

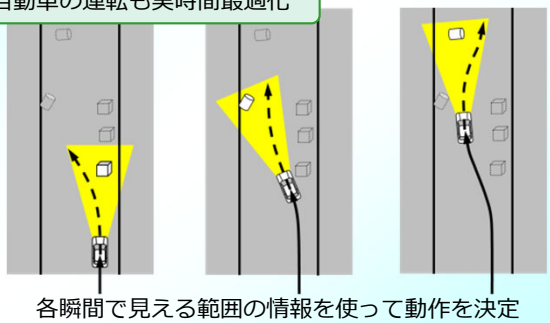


気象制御

実時間最適化のアルゴリズム

あらゆるシステムを巧みに操作するための一般論
・モデルを用いて未来の応答を予測・最適化
・高速な数値計算によってフィードバック制御を実現

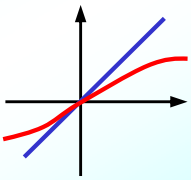
自動車の運転も実時間最適化


各瞬間で見える範囲の情報を使って動作を決定

非線形システム制御理論

線形
「重ね合わせの原理」が成り立つ
→入力を倍にすれば出力も倍になる

非線形
成り立たない．
→非線形性を含むシステムは，性質を調べたり制御したりするのが難しい！



- 代数学や代数幾何学などの数学を利用して未解決問題に挑戦
- 可制御性，安定性，最適制御，状態推定，etc.

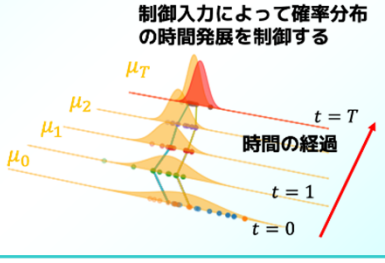
確率システム理論

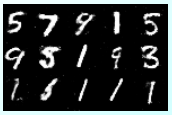
確率的な動的システムを制御・推定するための理論

- 確率制御：確率動的システムを確実に制御する
- 推定理論：直接観測できない現象を確率的に推定

確率分布の制御

- ランダムネスを伴う動的システムの確率分布を制御することでランダムネスを制御する．
- 情報科学や機械学習の手法（拡散モデル等）や最適輸送などと確率制御の融合




画像生成