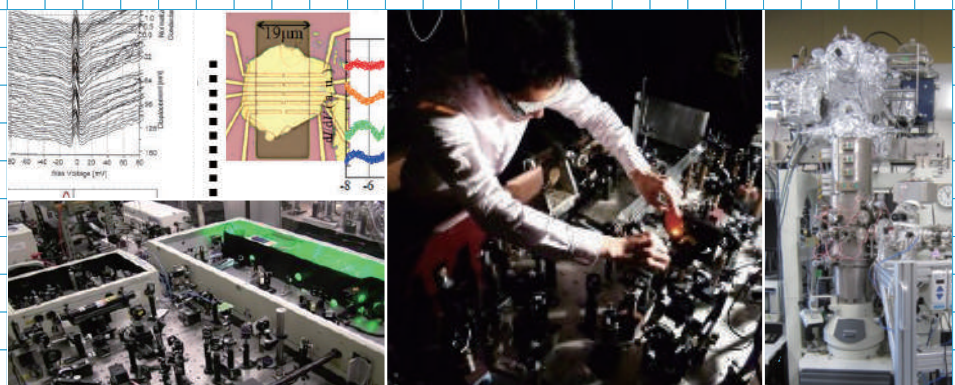
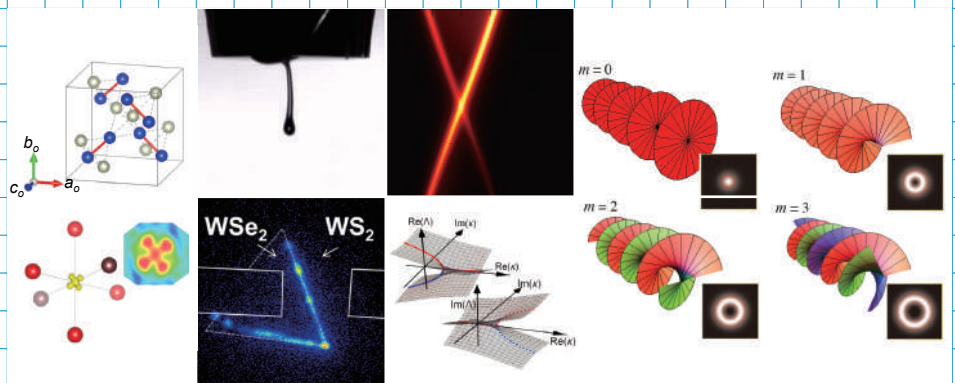
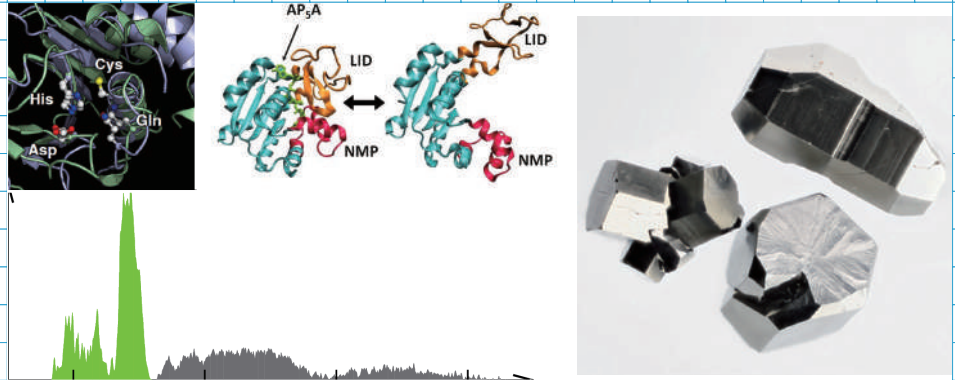


DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS



応用物理学とは

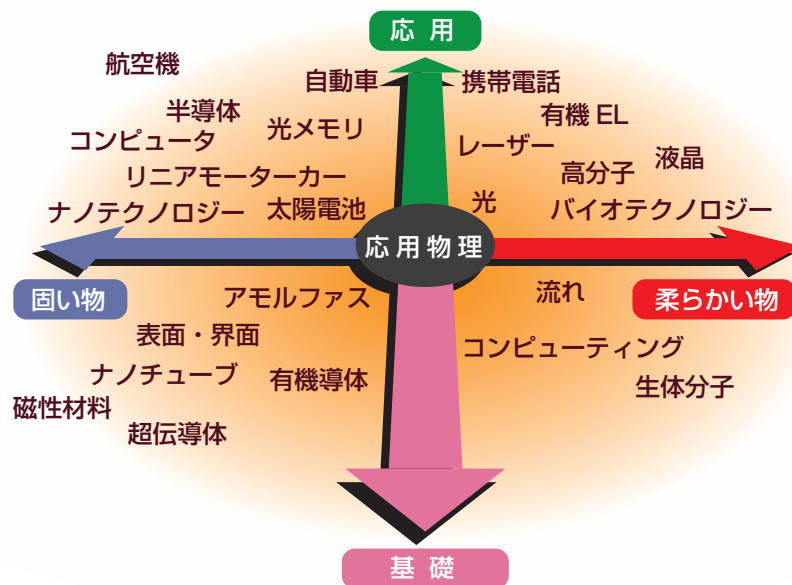
科学と技術のインターフェース

持続可能な社会を創っていくために、省資源、省エネルギーで環境にやさしい先端技術の必要性が高まっています。物理学を基礎にしてミクロな原子の世界まで、自然や現象、そして様々な物質を掘り下げることによって、我々がこれまで手にしたことのない新しい技術や材料を生み出すことができます。一方で、ナノテクノロジーに代表されるように、今日の高度な技術は新しい科学を生み出す原動力にもなっています。応用物理は、科学と技術の高度な結びつきを実現し、新しい物理学の原理の発見や物質の創製、新しいコンピュータ計算手法の開発といった科学の進歩を、持続可能な社会を実現する技術に高めていくためのインターフェースの役割を演じます。

何を研究するのか

固い物から柔らかい物まで、物質観と学問領域の融合をめざして

応用物理学は、基礎から応用までの広い範囲をカバーしています。それゆえ研究対象も金属、半導体、超伝導体といった固い物から、高分子、有機材料、生体物質、流体などのいわゆる柔らかい物まで多岐にわたります(下図参照)。量子物理学の原理を基礎に、省資源・省エネルギーを実現するメモリ材料、光や電子デバイス材料、磁気材料の開発、そしてそのような機能を生み出す原理を明らかにする研究をしています。また、タンパク質の解析やスーパーコンピュータを駆使して大気の流れのシミュレーションを行っています。21世紀の科学と技術は、固い物、柔らかい物といった従来の物質観の融合を求めています。応用物理の最先端の研究を経験して、自動車から化粧品まで、製造技術の開発から大学での基礎研究まで、広い分野で卒業生の皆さんは活躍しています。



研究室紹介

科学と技術の“架け橋”の応用物理学専攻ですから、研究内容も多種多様です。次ページ以降の研究室紹介からあなたに合った研究室を選ぶことができます。

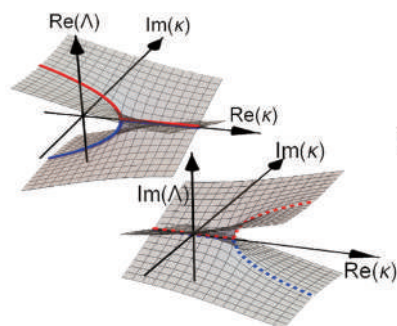
物性基礎工学研究グループ

田仲由喜夫 教授、川口由紀 教授、矢田圭司 助教、池谷聡 YLC 特任助教、古谷浩一朗 YLC 特任助教

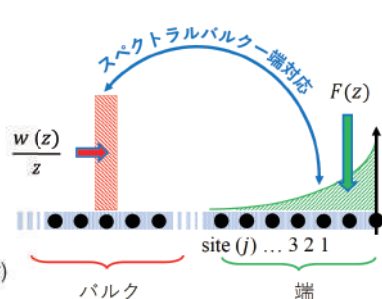
Key Words

超伝導接合、トポロジカル量子現象、強相関電子系、冷却原子気体、磁気スキルミオン

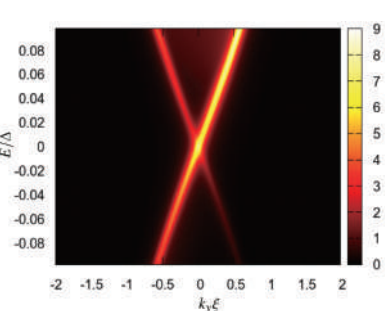
本研究グループでは電子や原子が集団で示す多様な物理現象を研究しています。たとえば、固体中には 10 の 20 乗個以上の電子が存在しますが、水分子の集団が温度や圧力を変えた時に固体・液体・気体に変化するように、固体中の電子でも集団としての性質が変化します。その代表例に超伝導や磁性が挙げられます。同様の現象は、非常に高精度で制御された気体状の原子の集団でも起こります。また、物質の表面や、他の物質との接合面の電子が、物質の内部にいる電子とは全く異なる性質を示す場合もあります。絶縁体であるにも関わらず、表面に金属状態が現れるトポロジカル絶縁体がその代表例です。本研究グループでは、これらの現象を量子力学・統計力学・電磁気学等を駆使して、理論的解析や数値計算を行っています。中でも、超伝導・磁性体・冷却原子気体という3つの系を中心に、トポロジをキーワードとして、その境界領域に渡って広く研究を行っています。



非エルミート系に現れる例外点周りのエネルギー構造



スペクトラルバルク-端対応の概念図



トポロジカル超伝導体の端での状態密度

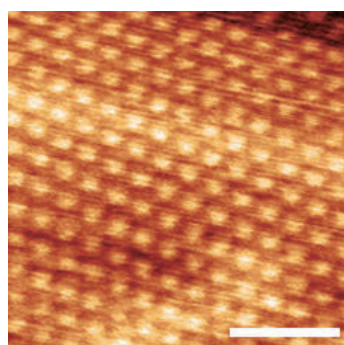
量子物性工学研究グループ

竹延大志 教授、伊東 裕 准教授

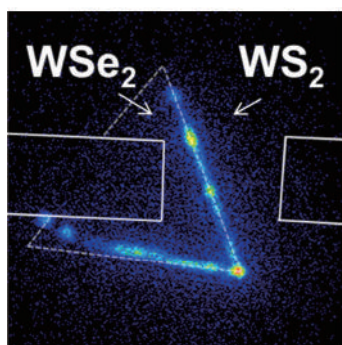
Key Words

有機エレクトロニクス、ナノカーボン、超伝導体、原子層科学、イオントロンクス

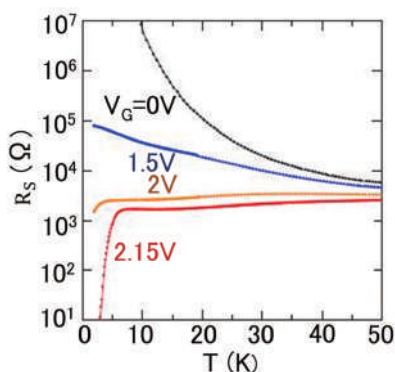
有機材料やグラフェン・カーボンナノチューブ等は炭素原子間に『パイ結合』と呼ばれる特徴的な結合を有しています。当研究室では『パイ結合』が持つユニークな特徴を活かし、基礎から応用まで幅広い分野に挑戦しています。さらに最近では『原子層材料』と呼ばれるグラフェン類似の材料も対象とし、電流励起レーザー素子・全く新しい駆動原理で動作する発光素子や超伝導素子・柔軟性を持つ熱電変換素子など、既存のエレクトロニクスでは実現できない、新材料が拓く新しい物理現象の探索と次世代エレクトロニクスの開発を目指しています。このような新しい機能実現には材料物性の理解が不可欠であり、電子スピン共鳴・電気伝導測定・光学測定・熱起電力測定・磁化測定など様々な方法を用いて研究を進めています。



原子層材料のヘテロ接合におけるモアレ超格子



原子層ヘテロ界面に実現した室温円偏光発光



電界誘起超伝導

光物理工学研究グループ

岸田英夫 教授、小山剛史 准教授、中村優斗 助教

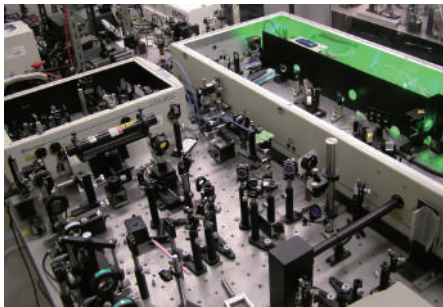
Key Words

レーザー、非線形現象、強相関電子系、低次元電子系、ナノカーボン、共役系高分子、分子性導体

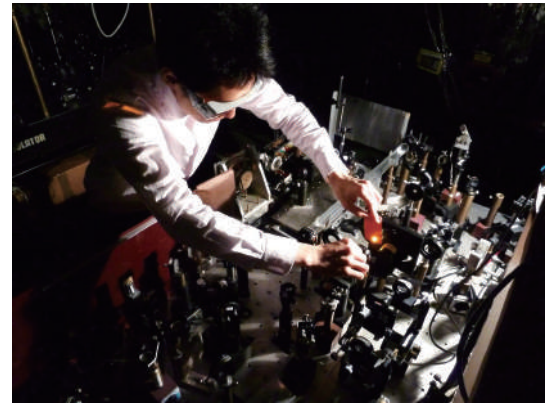
光とは電場と磁場の波です。光を物質に当てると物質中の電子が光電場によって揺り動かされます。レーザー光のような強い光を使うと、当てた光とは異なる波長の光が発生したり、物質中の電子の状態が変化したりします。超短パルスレーザーを用いると、10兆分の1秒もの精度で、電子の様子がどのように変化したのかを調べることができます。光や電子の状態制御を目指し、様々な低次元電子系と光の関係について研究を行っています。

研究テーマの一例：

- ・強相関電子系物質、有機電荷移動錯体のレーザー分光、光物性
- ・導電性高分子の非線形・線形光学応答、伝導現象
- ・ナノカーボン・原子層物質の超高速光学応答
- ・有機絶縁体・誘電体の強電場効果と光学的観察
- ・バイオマテリアルの光物性



フェムト秒レーザー分光システム



分光実験

数理工学研究グループ

張 紹良 教授、曾我部知広 准教授、劔持智哉 助教

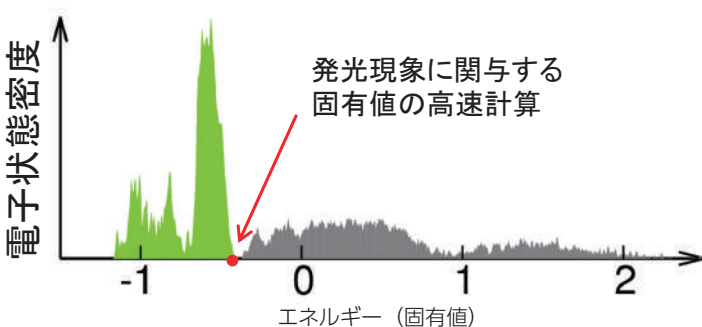
Key Words

科学技術計算、超高速・高精度・ロバストな数値計算アルゴリズム

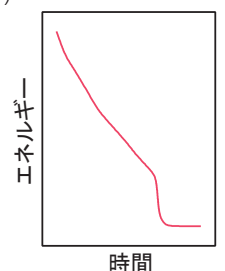
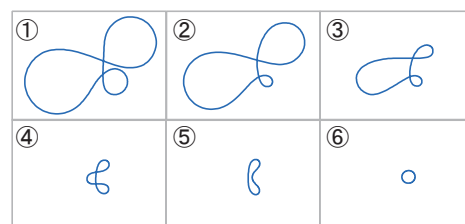
極めて大きな自由度をもつ自然系や人工物系の振る舞いを理解し、予測するため、既知の基礎法則や支配原理から出発した計算機による大規模計算が不可欠です。近年、科学技術計算の進歩はめざましく、その内容は高速計算機の出現によるものだけではなく計算アルゴリズムの驚異的な進歩によるものであり、計算機が速くなればなるほど数値計算アルゴリズムの速さがますます重要になるといえます。

そこで、本グループでは数値解析学・応用数学の基礎理論に基づいて「***citius*** (より速く)、***accuratior*** (より高精度)、***robustior*** (よりロバストに)、***elegantior*** (よりエレガントに)」をキャッチコピーとして高性能計算アルゴリズムの開発に関する研究を行ない、それらを用いて物理・工学的諸問題に対する(量子コンピュータを含む)計算機上での数値的な解明に寄与します。

電子構造計算のための高速アルゴリズム



ウィルモア流方程式のロバストな数値計算 (ゴム紐のシミュレーション)



エネルギー散逸則を厳密に再現する構造保存数値解法

構造物性工学研究グループ

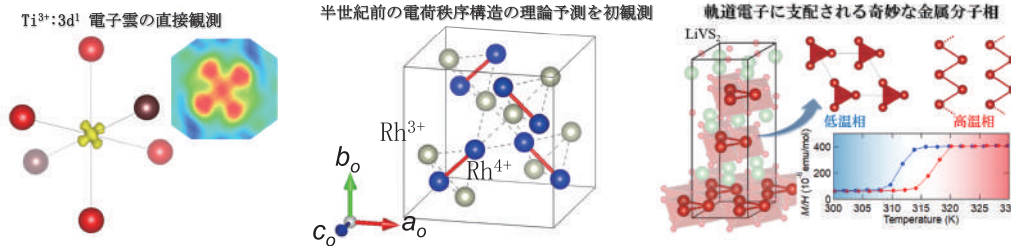
澤博 教授、片山尚幸 准教授

Key Words

超精密構造解析、電子密度解析、構造物性研究、強相関電子系、軌道秩序、格子ダイナミクス

現代社会における最新テクノロジーの多くは、多彩な機能性材料によって支えられています。未来に向けて持続可能な社会の発展を実現するためには、物質の機能のより効率的な利用や新機能の創出が必要です。こうした要請に応えるために、我々は材料のもつ結晶（電子）構造を実験的に観測することを通じて、物性や機能が現れるメカニズムを理解することを目指しています。

我々の研究の最大の特徴は放射光 X 線の活用です。SPring-8 に代表される放射光施設で利用できる X 線は、エネルギー可変であること、高輝度であることなど、実験室系の X 線と比べて多くの優れた性質を持っており、今日の構造物性研究における不可欠な研究ツールです。我々の研究室では、この放射光を積極的に利用した構造研究に取り組んでいます。代表的なテーマの一つは、電子軌道の空間分布を精密に調べることを可能にする、X 線回折データの新しい解析手法の開発と応用です。この手法は、従来の解析手法とは一線を画しており、物性や機能を引き起こす価電子が結晶中でどのように振舞っているのかを可視化して議論することを可能にしてくれる、構造物性研究の切り札と呼べるものです。さらに、これまで見落とされていた様々な揺らぎや秩序状態を、高エネルギー X 線回折を用いた局所構造解析、非弾性 X 線散乱によるダイナミクスの観測など複数の手法を統合することにより解明しています。エキゾチックな物性の発現を、巨視的 / 微視的な性質から、原子やイオンの静的 / 動的な性質に至るまで、多角的な解明を目指しています。



磁性材料工学研究グループ

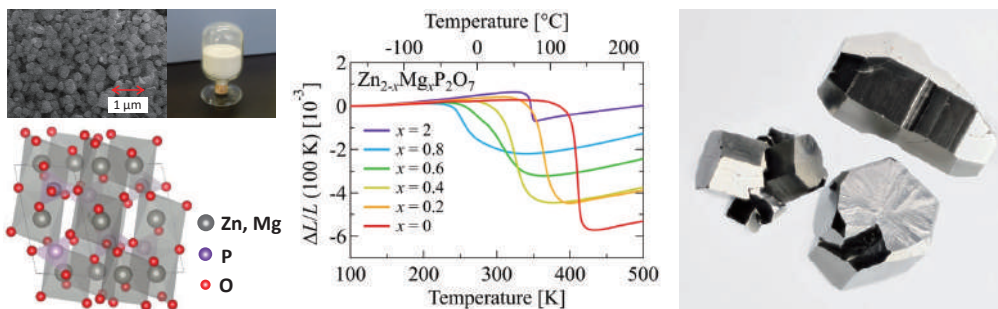
竹中康司 教授、平井大悟郎 准教授、草ノ瀬優香 助教

Key Words

機能性材料、電子相制御、磁性、フラストレーション、アクチュエータ材料、熱膨張制御材料

現代社会を支える科学技術は、物質・材料のもつ様々な特性の上に成り立っています。新しい材料の開発は、社会の持続的な発展や様々な問題の解決に不可欠です。我々はイノベーションを起こすような革新的材料の開発を目指します。

鉄やマンガン、銅といった遷移金属の d 電子を代表例に、強い電子間斥力相互作用を及ぼし合った電子は、例えば結晶格子やスピン軌道相互作用など他の自由度と結びついて、多彩な秩序構造「電子相」を形成します。「強磁性」をはじめとする磁気秩序相や「超伝導」がその典型例です。電子相の融解や変態を活用することで、これまでにない画期的な機能を引き出すことができます。特に、磁性と結晶格子の相関を活用した熱膨張制御材料やアクチュエータ材料、ハイエントロピー化合物の示す新しい機能、特殊な電子構造に着目した巨大磁気抵抗効果、強いスピン軌道相互作用を利用した電流ースピン変換などに着目し、新しい電子材料の開発を行います。



環境にやさしい巨大熱膨張材料 $Zn_{2-x}Mg_xP_2O_7$

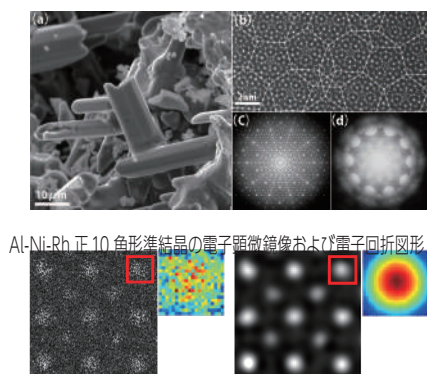
巨大な磁気抵抗効果を示す ReO_2

Key Words

電子顕微鏡、ナノ構造物性解析、準結晶、強相関電子系、角運動量制御、位相イメージング

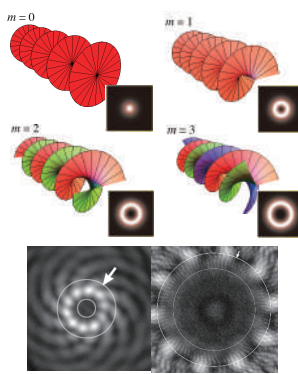
本研究グループでは、電子線をもちいてナノメートル領域の構造と物性を解明する研究を行っています。電子は光に比べて波長が短いため ($\lambda \sim 10^{-12} \text{m}$)、光学顕微鏡では観察することができない原子や分子まで観測することができます。これまで電子線をもちいた様々な解析手法を半導体、磁性体、強相関電子系、準結晶、金属微粒子等多様な物質に適用し、ナノレベルの構造と物性を明らかにしてきました。

また電磁気学・光学・量子力学等にもとづき、電子の波としての性質をいかに発揮させたさまざまな電子線イメージング手法の開発も行ってきました。最近では、角運動量をもつ電子をもちいたまったく新しい物理現象の研究や機械学習をもちいた情報抽出にもチャレンジしています。

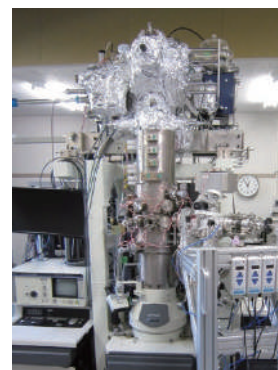


Al-Ni-Rh 正 10 角形準結晶の電子顕微鏡像および電子回折図形

ノイズを含む高分解能 STEM 像 (左) および辞書学習によりノイズ除去した STEM 像 (右)



電子顕微鏡をもちいて生成した角運動量をもつ電子波



本研究グループで開発した世界初のスピンの偏極透過電子顕微鏡

複合系物性工学講座

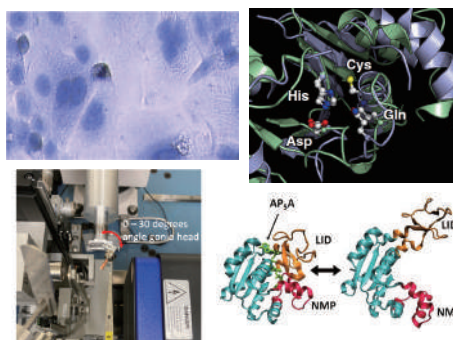
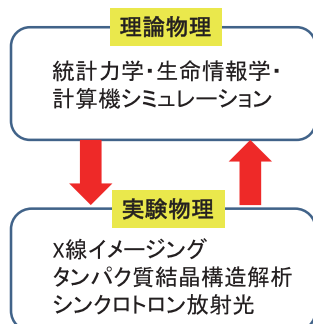
生体分子物理工学研究グループ

シャバス レオナルド 教授^{*}、寺田智樹 准教授、千見寺浄慈 助教、ゴシュ スワガタ 特任助教

Key Words

X線イメージング、タンパク質結晶構造解析、分子動力学、構造転移、タンパク質デザイン、創薬

生命現象の主役であるタンパク質やDNAは、細胞の中で柔らかく変形し、多様な役割を担うソフトマテリアルです。本研究グループは、シミュレーション、生命情報学、X線結晶構造解析などを駆使して、このソフトマテリアルが生み出す生命現象を理論物理と実験物理を横断した立場から研究します。タンパク質が美しく精密な立体構造を形成するメカニズムを解明し、新しい立体構造を持つタンパク質をデザインします。タンパク質の柔らかな構造変化ダイナミクスから分子モーター・スイッチといった、生命に欠かせない機能が生まれるメカニズムを明らかにします。そして、生体内におけるタンパク質結晶の自然発生を分析し、この確率的な現象を可視化し特徴づける方法論を開拓します。自然のつくった工学システムである生命に学び、物理学の新しい地平を拓いてゆきます。



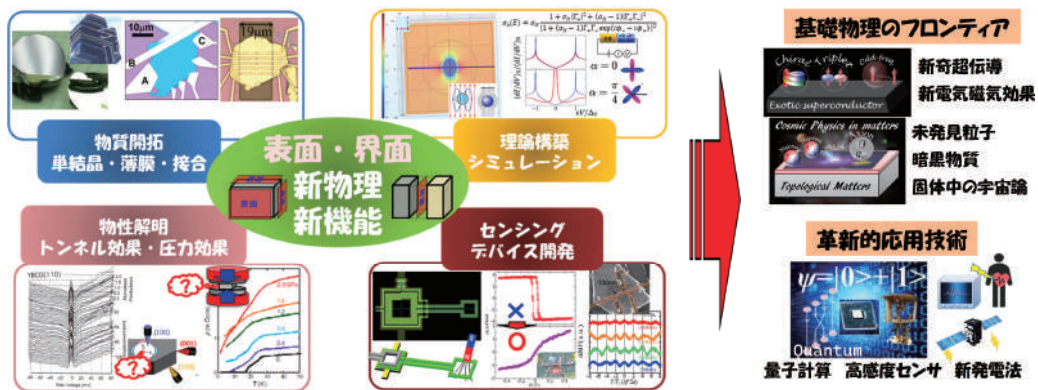
ナノ物性工学研究グループ

柏谷 聡 教授、谷口晴香 講師、矢野力三 助教

Key Words

超伝導体、トポロジカル物質、接合系、圧力効果、高感度センシング、量子ビット

物質の表面や、異種の物質の個性がぶつかり合う接合系は、バルクとは異なる未知の新奇物性の宝庫であり、また外場応答・制御によって物質の機能性を発現させる舞台でもあります。これらの物理現象のメカニズム解明においては、圧力によって結晶対称性や電子間相互作用を変えたときの物性変化を調べることが有効です。本研究室では、表面・接合系へのミクロなプローブによる研究に基づき、表面・界面に特有な電子物性を解明し、その知見を基にした機能デバイスの開発を行います。研究対象は超伝導体、トポロジカル物質、原子層物質等であり、新奇材料の開発、スペクトロスコーピーと圧力実験の融合による物性解明、デバイス化による機能発現、さらには、量子効果デバイス、高感度センサー等への応用研究を進めます。これらを通して、新奇物質が社会の中で実際に役立つ、あるいは物理のフロンティアを開拓していくことを目標としています。



応用物理学専攻修了生のキャリアマップ

(産業別 50 音順)

博士前期課程修了後の進路と主な就職先(過去3年分)

■機械系製造業 (21.6%):

アイシン精機株式会社、アイシン・ソフトウェア株式会社、株式会社小糸製作所、スズキ株式会社、株式会社SUBARU、株式会社デンソー、豊田合成株式会社、トヨタ自動車株式会社、株式会社マキタ、ヤマザキマザック株式会社

■電気機器系製造業 (30.6%):

株式会社日立製作所、キオクシア株式会社、京セラ株式会社、中部電力株式会社、東京エレクトロン株式会社、日本電気株式会社、日本電産株式会社、パナソニック株式会社、浜松ホトニクス株式会社ファナック株式会社、富士通株式会社、ブラザー工業株式会社、三菱電機株式会社、株式会社村田製作所、ローム浜松株式会社

■その他製造業 (12.6%):

株式会社MARUWA、イビデン株式会社、JX金属株式会社、住友電気工業株式会社、大同特殊鋼株式会社、株式会社トッパンフォトマスク、日亜化学工業株式会社、日本ガイシ株式会社、日本特殊陶業株式会社、古河電気工業株式会社、三菱ケミカル株式会社

■情報・通信 (18.9%):

NTTテクノクロス株式会社、株式会社エヌ・ティ・ティ・データ、株式会社アイヴィス、株式会社ウェザーニューズ、KDDI株式会社、株式会社Jストリーム、株式会社日立ソリューションズ、日鉄ソリューションズ株式会社、日本アイ・ビー・エム株式会社、株式会社ブレインパッド、ヤフー株式会社

■その他の産業 (7.2%):

アビームコンサルティング株式会社、中部電力株式会社、野村證券株式会社、株式会社メイテック、株式会社ラック、株式会社VSN

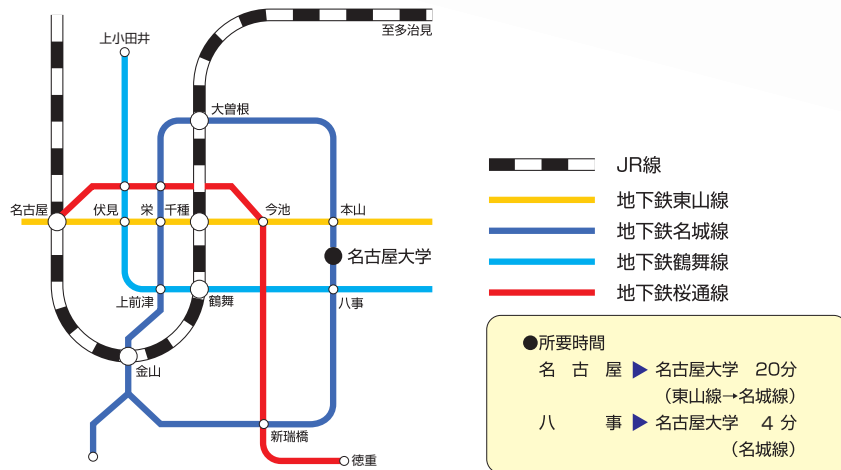
■博士後期課程進学 (9.0%)

博士後期課程修了後の進路と主な就職先(過去3年分)

アイシン精機株式会社、資生堂、日本学術振興会特別研究員、高輝度光科学研究センター、大阪大学、名古屋大学、北海道大学

■ 応用物理学専攻

名古屋大学東山キャンパス



さらに詳しく知りたい方へ

応用物理学専攻のカリキュラム、研究内容、研究室等についてさらに詳しく知りたい方は下記にお問い合わせ下さい。

〒464-8603 名古屋市千種区不老町

名古屋大学大学院工学研究科 応用物理学専攻 事務室 (工学部3号館中棟246号室)

TEL: 052(789)4469 FAX: 052(789)3724 URL: <http://www.ap.pse.nagoya-u.ac.jp/>

e-mail: office@ap.pse.nagoya-u.ac.jp