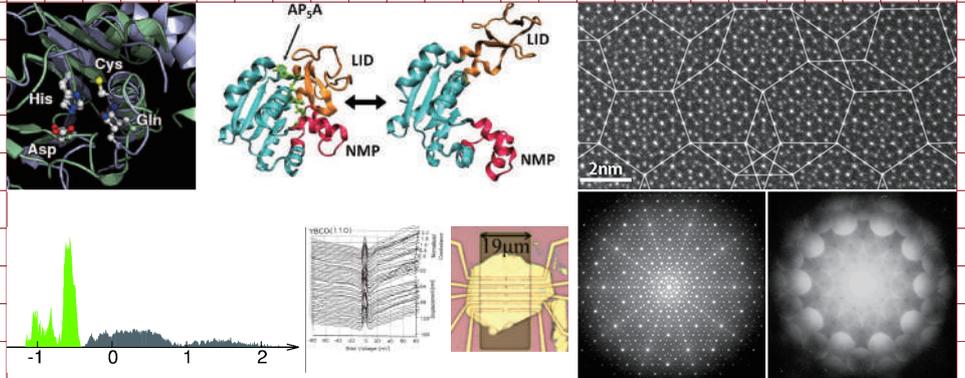
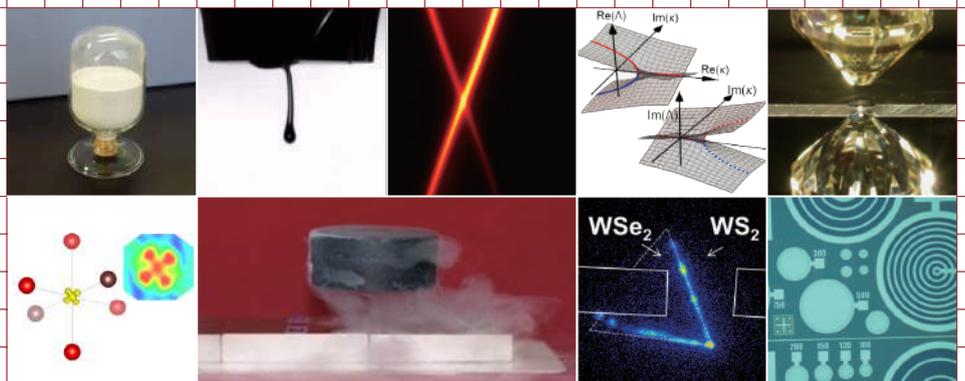


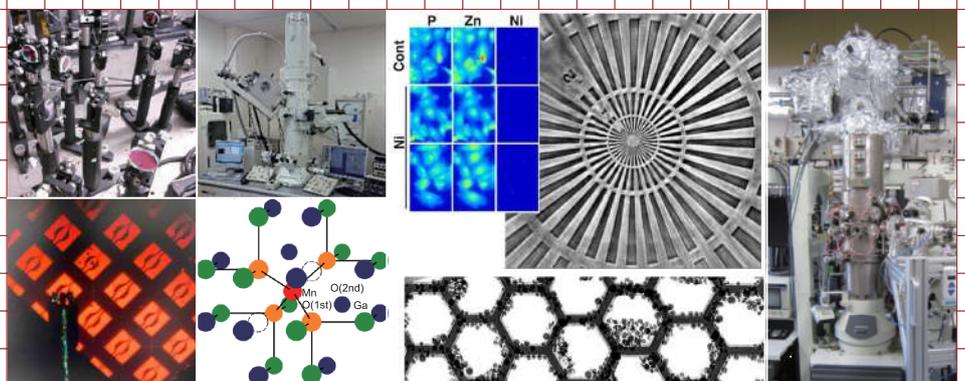
PHYSICAL



CHEMISTRY



ENGINEERING



物理工学とは

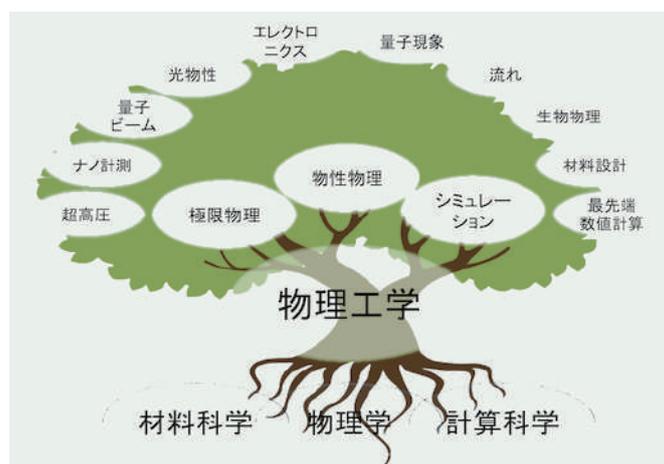
物理に立脚した工学の創造

物理工学と聞くと皆さんはどのような学問を想像されるでしょうか?名前の上では物理学と工学が融合した学問と思えますが、それほど単純ではありません。現代において、科学と技術は不可分の関係にあります。科学上の発見がただちに技術へ応用され、工業技術への目的を持った研究が科学の発展に重要な貢献をしています。物理工学は、物理学・計算科学・材料科学を基盤とした「基礎と応用の境界的な学問分野」を対象とし、物理に立脚した工学の創造を目指しています。

何を研究するのか

物理学・計算科学・材料科学を基盤として基礎から応用まで

物理工学では、基礎から応用までのあらゆるものが研究対象です。物理学・計算科学・材料科学の素養を活かして、物性物理・極限物理・シミュレーションを行います(下図参照)。物性物理では、物質の電氣的・磁氣的・光学的性質を調べ、新しい機能性物質の創製を目指します。極限物理では、我々の身の回りでは実現しないような圧力や温度におかれた物質、あるいは極限的に小さい物質の性質を調べ、新規物質を探索します。シミュレーションでは、タンパク質やDNAといったソフトマテリアルのダイナミクス、多様な流動現象、機能性物質の設計指針などを対象としています。より専門的には、超高圧、ナノ計測、量子ビーム、光物性、エレクトロニクス、量子現象、流れ、生物物理、材料設計、最先端数値計算などをキーワードとして研究を進めています。



何を学ぶのか

物理の基礎と先端技術が身につく

物理学は、数学と並び、科学と技術の基礎となっています。理工学科では、2～3年生で数学と力学、電磁気学、量子力学に代表される物理学の基礎をしっかりと学ぶことになっています。下の図は予定されているカリキュラムの一部です。赤字で示したものは演習と実験を含むものです。各学年で開講される講義とリンクした内容について充実した実験と演習を行い、基礎から応用まで物理学を広く深く学んでいただける仕組みになっています。基礎体力をつけたら、次は山登りです。いよいよ物理学を駆使して物質世界や自然情報の世界の冒険が始まります。足腰をしっかり鍛えておけば、高い山にも挑戦出来ます。4年生では研究室に配属になり、教員から直接指導を受け、卒業研究を行います。ここでは、知識だけではなく、教員や先輩などとの議論を通してコミュニケーション能力やプレゼンテーション能力も磨きます。さらに高度な研究能力を身に付けたい人は大学院へ進学します。そして、理工学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。

	数学系科目	物理学系科目	関連科目
1年	微積分学 線形代数学	力学, 電磁気学, 理工学序論, 原子物理学, 物理学実験	化学基礎 化学実験
2年	複素関数 数学演習 プログラミング 物理数学	理工学実験, 理工学演習 解析力学, 電磁気学, 量子力学, 統計力学, 熱力学, 物性物理学, 振動波動	生物科学
3年	アルゴリズム 計算物理学	理工学実験, 理工学演習 量子力学, 統計力学, 流体力学, 連続体力学, 物性物理学, 物理光学	化学熱力学 化学物理学 生物物理学 高分子物理化学
4年		卒業研究	
		結晶力学, 応用物性, 電子計測工学	量子材料化学 ソフトマター物理学

赤字: 演習/実験

研究室紹介

物理学・計算科学・材料科学を基盤とした理工学科ですから、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

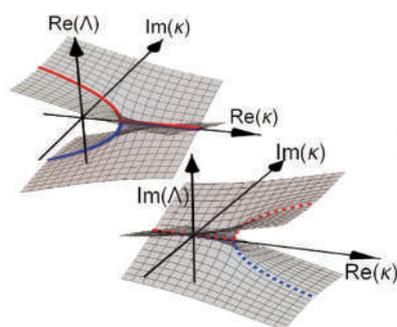
大学院：応用物理学専攻

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

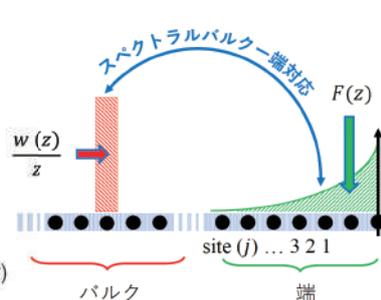
Key Words

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

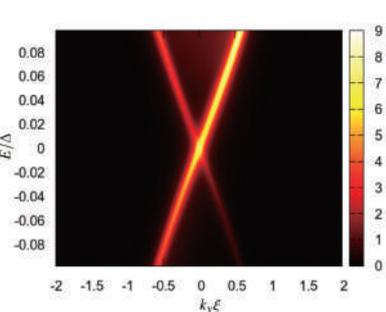
本研究グループでは電子や原子が集団で示す多様な物理現象を研究しています。たとえば、固体中には 10 の 20 乗個以上の電子が存在しますが、水分子の集団が温度や圧力を変えた時に固体・液体・気体に変化するように、固体中の電子でも集団としての性質が変化します。その代表例に超伝導や磁性が挙げられます。同様の現象は、非常に高精度で制御された気体状の原子の集団でも起こります。また、物質の表面や、他の物質との接合面の電子が、物質の内部にいる電子とは全く異なる性質を示す場合もあります。絶縁体であるにも関わらず、表面に金属状態が現れるトポロジカル絶縁体がその代表例です。本研究グループでは、これらの現象を量子力学・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、トポロジー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

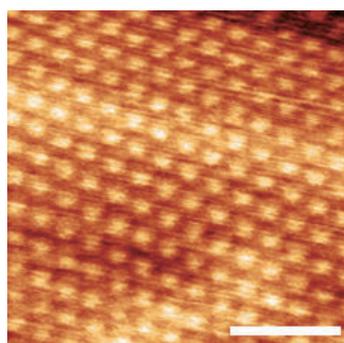
大学院：応用物理学専攻

竹延大志 教授、伊東 裕 准教授

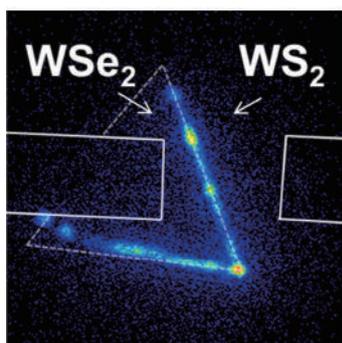
Key Words

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

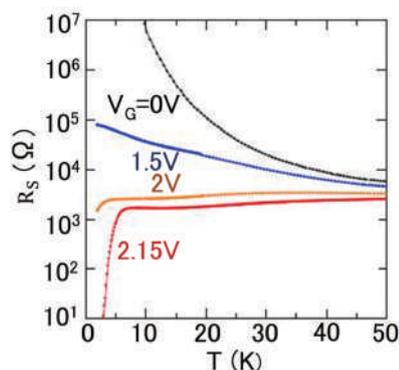
有機材料やグラフェン・カーボンナノチューブ等は炭素原子間に『パイ結合』と呼ばれる特徴的な結合を有しています。当研究室では『パイ結合』が持つユニークな特徴を活かし、基礎から応用まで幅広い分野に挑戦しています。さらに最近では『原子層材料』と呼ばれるグラフェン類似の材料も対象とし、電流励起レーザー素子・全く新しい駆動原理で動作する発光素子や超伝導体素子・柔軟性を持つ熱電変換素子など、既存のエレクトロニクスでは実現できない、新材料が拓く新しい物理現象の探索と次世代エレクトロニクスの開発を目指しています。このような新しい機能実現には材料物性の理解が不可欠であり、電子スピン共鳴・電気伝導測定・光学測定・熱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

大学院：応用物理学専攻

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

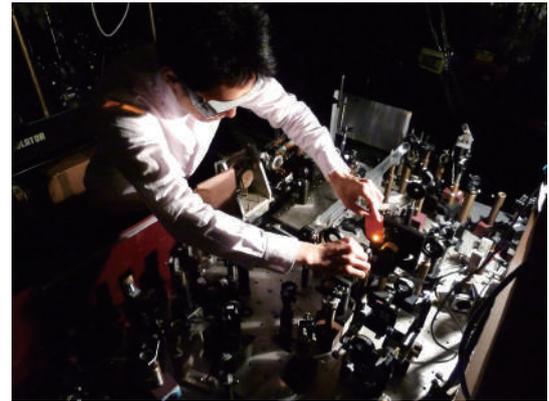
光とは電場と磁場の波です。光を物質に当てると物質中の電子が光電場によって揺り動かされます。レーザー光のような強い光を使うと、当てた光とは異なる波長の光が発生したり、物質中の電子の状態が変化したりします。超短パルスレーザーを用いると、10兆分の1秒もの精度で、電子の様子がどのように変化したのかを調べることができます。光や電子の状態制御を目指し、様々な低次元電子系と光の関係について研究を行っています。

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

大学院：応用物理学専攻

張 紹良 教授、曾我部知広 准教授、剣持智哉 助教

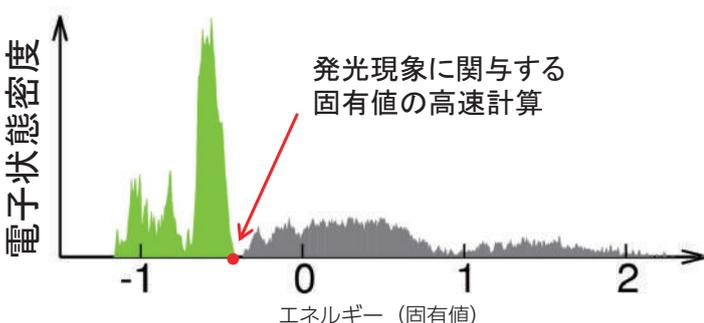
Key Words

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

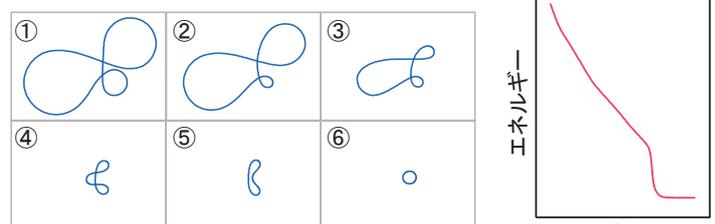
極めて大きな自由度をもつ自然系や人工物系の振る舞いを理解し、予測するため、既知の基礎法則や支配原理から出発した計算機による大規模計算が不可欠です。近年、科学技術計算の進歩はめざましく、その内容は高速計算機の出現によるものだけではなく計算アルゴリズムの驚異的な進歩によるものであり、計算機が速くなればなるほど数値計算アルゴリズムの速さがますます重要になるといえます。

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

大学院：応用物理学専攻

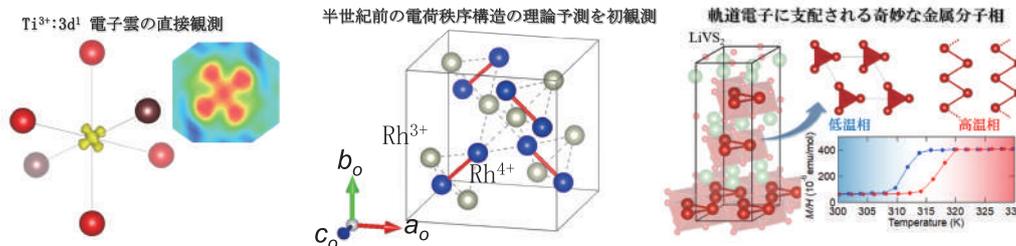
澤博教授、片山尚幸 准教授

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、実験系系の 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

大学院：応用物理学専攻

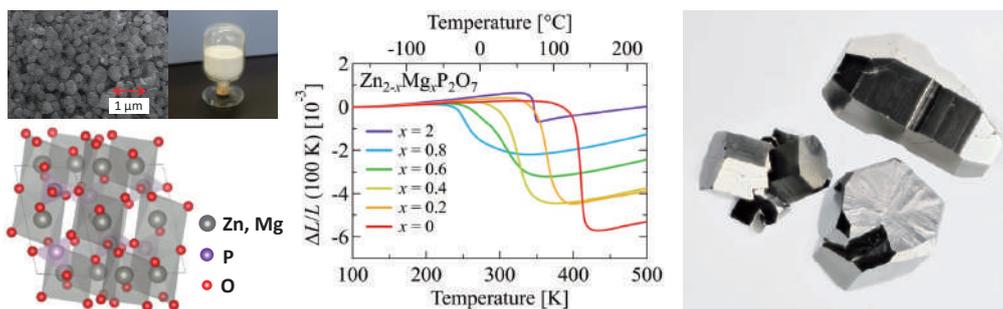
竹中康司 教授、平井大悟郎 准教授、草ノ瀬優香 助教

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 $Zn_{2-x}Mg_xP_2O_7$

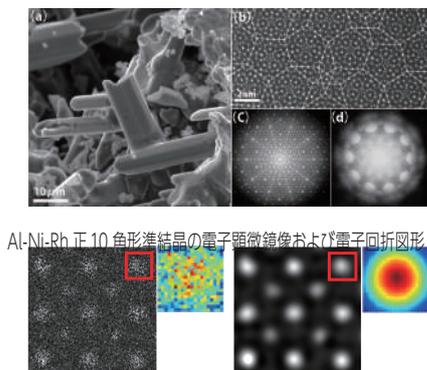
巨大な磁気抵抗効果を示す ReO_2

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

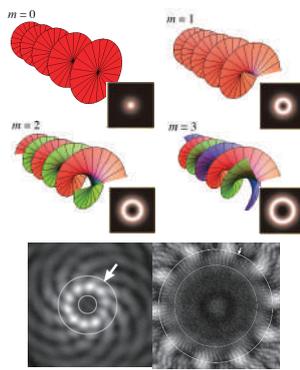
本研究グループでは、電子線をもちいてナノメートル領域の構造と物性を解明する研究を行っています。電子は光に比べて波長が短いため ($\lambda \sim 10^{-12} \text{m}$)、光学顕微鏡では観察することができない原子や分子まで観測することができます。これまで電子線をもちいた様々な解析手法を半導体、磁性体、強相関電子系、準結晶、金属微粒子等多様な物質に適用し、ナノレベルの構造と物性を明らかにしてきました。

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。

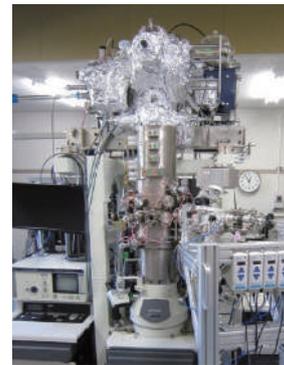


Al-Ni-Rh 正 10 角形準結晶の電子顕微鏡像および電子回折図形

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

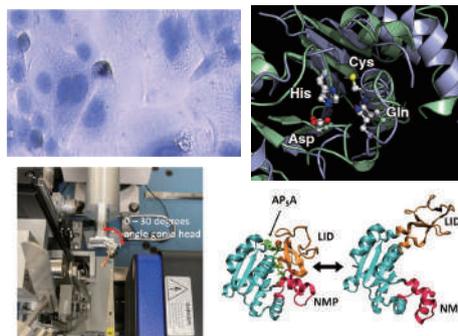
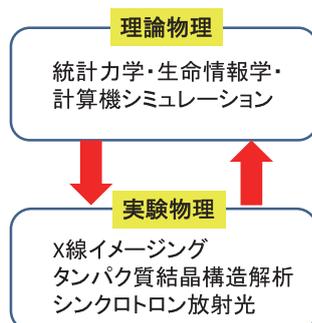
生体分子物理工学研究グループ

シャバス レオナルド 教授^{※1}、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。



※ 1 シンクロトロン光研究センター (NUSR)

ナノ物性工学研究グループ

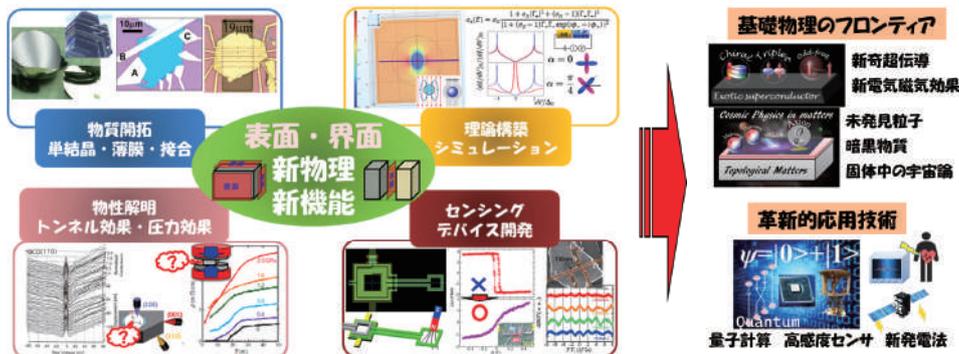
大学院：応用物理学専攻

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。



物質デバイス機能創成学講座

高圧力物質科学研究グループ

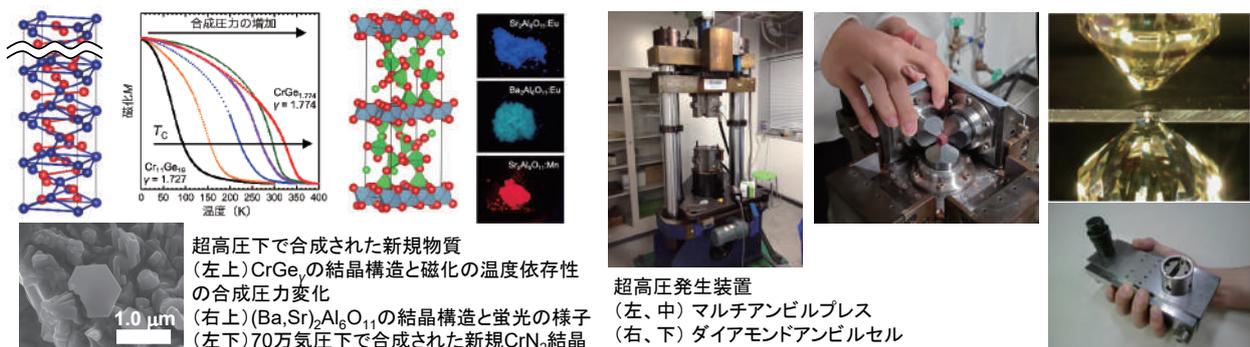
大学院：物質科学専攻

長谷川 正 教授、丹羽 健 准教授*2、佐々木 拓也 助教

Key Words

新物質創製、超高压超高温、電子材料、磁性材料、超硬質材料、蛍光材料、エネルギー材料

我々が普段生活している世界は1気圧で、地球上で一番深い1万メートルの海の底でも1000気圧です。1万気圧を超える高圧力の世界は想像できないかもしれません。私たちの研究室では、そのような極限環境を積極的に利用し、新しい物質・材料の創製とその物理的性質の解明および新しい材料機能の創成に取り組んでいます。例えば、マルチアンビルプレスやダイヤモンドアンビルセルといった特殊な装置を使って、数十万気圧の超高压環境を実現し、室温で強磁性を発現するCr-Ge系化合物や六角板状の形態を示す新規CrN₂結晶、新規アルミン酸塩蛍光体などの創製に成功してきました。また、超高压力場は、電子材料、磁性材料、超硬質材料、蛍光材料、エネルギー材料など、次世代の新しい機能性材料の創製にも有効です。我々は超高压力場を積極的に活用し、新しい物質科学の展開に取り組んでいます。



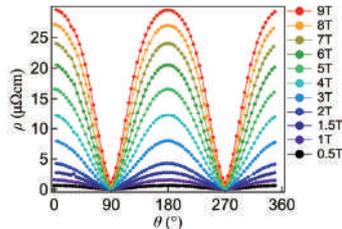
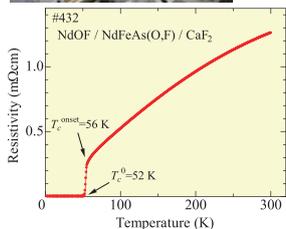
Key Words

電子物性、高温超伝導、新奇機能性材料、高品位薄膜成長、新規電気磁気応答

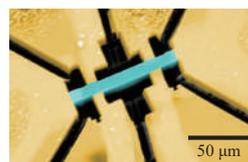
現代社会は、物質の有用な物性を巧みに活用した電子機器に支えられています。一見、複雑な物性も、多くの場合、本質は意外と単純な物理に基づいています。しかし、多数の電子やフォノンが相互作用することで、思いもよらない劇的な振る舞いを示します。近年、様々な物質で多様かつ特異な物性が見出されていますが、今後も社会が持続して発展するには、これらの新奇物性を担う物理の本質を解き明かし、活用する必要があります。我々の研究室では、高温超伝導体、強相関電子系、トポロジカル物質などの特異な物性の機構解明に取り組んでいます。特に、様々な実験的手法を用いて、核心にある物理の本質を理解することを目指しています。また、鉄系超伝導体を用いた粒子検出器など、将来の応用を見据えた研究も積極的に行っています。



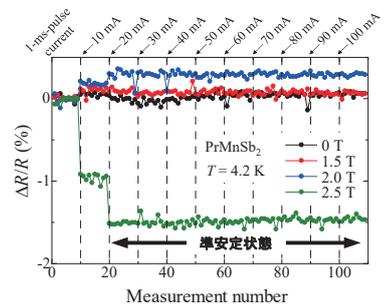
(左) 分子線エピタキシー法による薄膜成長
(左下) 鉄系超伝導体薄膜 NdFeAs(O,F) の抵抗率の温度依存性
(右下) NdFeAs(O,H) 薄膜の抵抗率の磁場角度依存性



磁気浮上する高温超伝導体



集束イオンビームで微細加工した PrMnSb₂ 単結晶



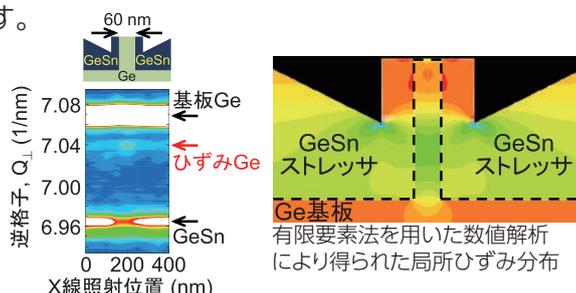
電流パルスで磁気状態が変化し、抵抗値が切り替わる様子

ナノ電子デバイス工学研究グループ

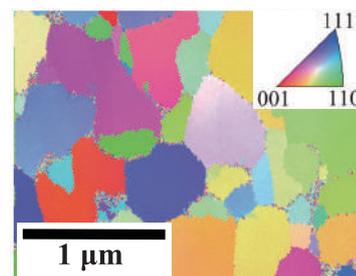
Key Words

半導体、結晶成長、薄膜、表面・界面、シリコン、エレクトロニクス、トランジスタ

近年、スマートフォンなどの携帯情報端末、自動車や医療機器に至るまで半導体集積回路 (LSI) が搭載されています。さらに、半導体材料は太陽電池、発光ダイオード、熱電素子などにも幅広く応用され、私たちの暮らす社会を便利で豊かなものにしてしています。これまでのLSIの高性能化は、その基本構成要素である金属-絶縁物-半導体型 (MOS) トランジスタの微細化と高集積化により達成されてきました。MOSトランジスタの設計サイズは、現在、ナノメートルのスケールに到達しており、LSI技術は実用化が最も進んでいるナノテクノロジーの一つです。半導体デバイスのさらなる省電力化、高速化、小型化、機能向上には、ナノスケール領域の表面・界面現象や電子物性の理解と新しい薄膜材料の創成、さらに原子尺度の制御を実現する究極の製造技術が必要不可欠です。我々は、様々なナノ薄膜材料やデバイス試料を自らの手で作製し、解析することをモットーとして、最先端の半導体エレクトロニクスの発展に向けた新材料・結晶成長・製造技術の構築に関わる研究開発を日々進めています。



ゲルマニウム微細構造における局所ひずみのマイクロ回折分析と構造シミュレーション



電子の回折現象を用いて可視化された半導体多結晶薄膜の結晶構造分布

量子スピン物性工学研究グループ

大学院：物質科学専攻

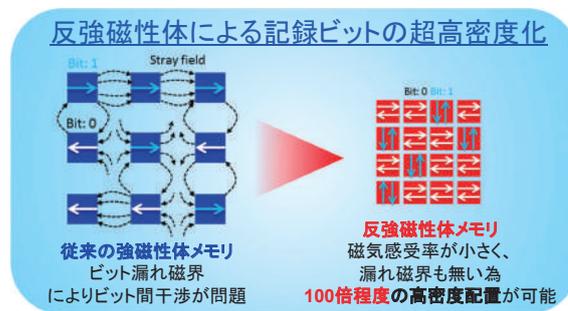
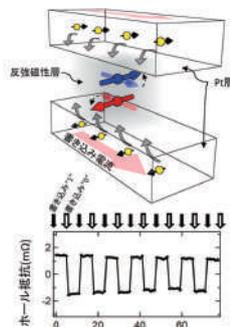
森山貴広 教授、飯浜賢志 准教授

Key Words

スピントロニクス、磁気物理、磁性材料、高周波スピndeバイス

私たちは、電子の量子力学的自由度である“スピン”から発現する新しい物理現象を明らかにし、それらを利用したスピントロニクス応用を目指しています。デジタル情報社会の急速な発展に伴い、スピン自由度を積極的に利用した省消費電力・高密度・高速なスピントロニクス技術は、特に情報ストレージや通信分野において、近年より一層期待されています。本研究グループでは、ナノスケールの磁性多層薄膜、ナノ細線、磁性2次元物質等を舞台とし、構造解析・スピン輸送測定・強磁性共鳴測定・THz分光等、様々な測定手法を駆使して新しい物性の探索を行い、磁性や電気伝導などの物性制御を行っています。また、これらの研究を基礎とし、新奇磁気メモリ素子や高周波素子などのアプリケーション開発に精力的に取り組んでいます。

反強磁性体磁気メモリの実証



ナノ解析物質設計学講座

量子ビーム物性工学研究グループ

大学院：物質科学専攻

松山智至 教授^{※3}、井上陽登 助教

Key Words

X線光学、X線顕微鏡、放射光、X線顕微分光、X線ナノ分析、sub-10nm X線ビーム

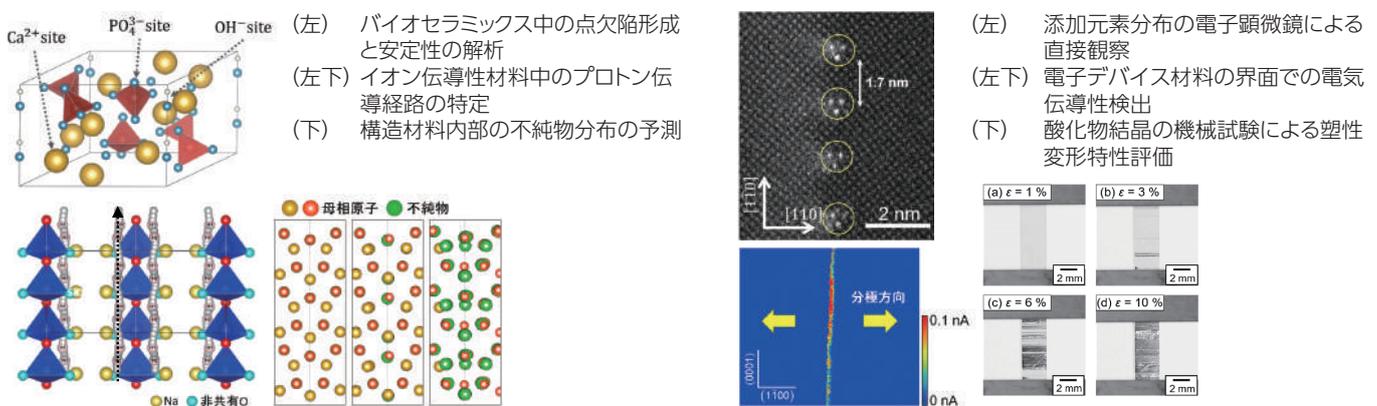
現代科学を支えている重要なツールとしてX線があります。X線を使えば、物質の構造や電子の状態を知ることができるため、物質科学を筆頭に基礎物理学、化学、医学、生物学において必要不可欠です。レントゲンが発見したX線は今や大型放射光施設やX線自由電子レーザーへと進化し、その性能は飛躍的に向上しています。この新しいX線をより高度に利用し、新たな分野を拓くことが求められています。我々の研究室では、X線光学素子の開発をベースとして、X線顕微鏡やX線ナノビームを研究しています。X線光学素子としては主に超高精度X線ミラーを開発しています。これを使ったX線顕微鏡は20nmに迫る分解能を達成しており、本手法での顕微鏡としては世界最高性能です。また、X線自由電子レーザーのナノ集光を目指しており、10nm以下の極限集光をすでに達成しています。様々な最先端光学素子を開発することで、X線の高度利用を積極的に進めています。



Key Words

電子状態計算、透過型電子顕微鏡、構造材料、機能性材料

現代社会を支える材料の物性は原子・電子レベルの物理現象と密接に関係しているため、これらの制御は材料開発における重要な課題となっています。我々は実験手法と理論計算手法を用いて、物性発現の機構を微視的な観点から理解し、新規材料の設計指針を提案することを目指しています。機能性材料から構造材料までの幅広い物質・材料を研究対象にしています。バイオセラミックスの研究では、点欠陥の形成過程や安定性の解析から生体親和性の起源の解明を目指し、またイオン伝導性材料の研究では伝導機構の解析から高イオン伝導性材料の探索を試みています。さらに透過型電子顕微鏡と理論計算との連携により物質内部の原子配置の特定を行い、機械的特性や電子的特性、磁気的特性への影響を解明することを目指します。

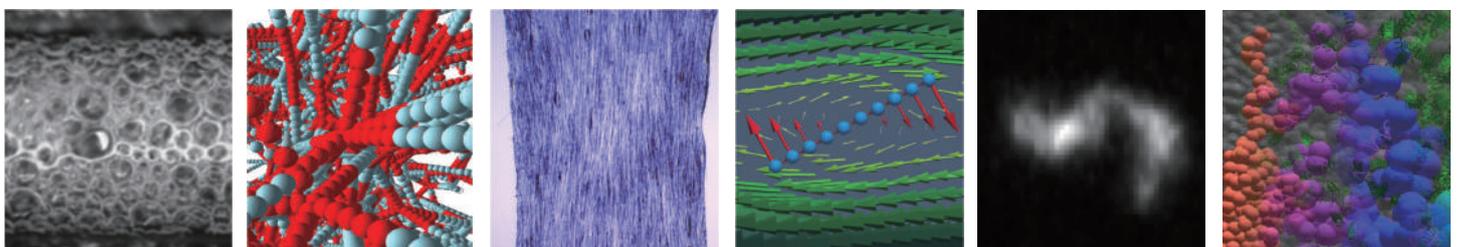


Key Words

レオロジー、ソフトマター、自己組織化、粗視化、多階層、スローダイナミクス

レオロジーとは、液体とも固体ともつかない、ソフトマターと呼ばれる物質のダイナミクスを考える科学です。プラスチック、食品、化粧品など、身の回りのありふれた物質が対象です。その物性（柔らかさ）は、構成する分子そのものの構造や運動だけでなく、多数の分子が形づくる階層的構造とそのダイナミクスが決めています。したがってソフトマターを工学的に利用するためには、多数の分子の振る舞いを物理的に解析し制御する必要があります。我々はソフトマターの物性理論、シミュレーション、ダイナミクスの実験的測定、により、身の回りの何気ない物質や現象に潜む物理を探索し、その工学的な応用を目指しています。具体的には以下のような研究テーマに、実験 / 計算 / 理論およびそれらの複合で取り組んでいます。

- 研究テーマ例：ソフトマターの基礎物理： 溶液中の輸送現象、異方性をもつ分子の熱運動、高分子網目の破壊、など
 機能性ソフトマター物理： 導電性高分子のレオロジー、MR/ER 流体、人工軟骨ゲルの解析、など
 身近なレオロジーの物理： 泡の挙動、高分子ガラス、高分子の熱分解、大きな具を含む流体のレオロジー、など



ナノ顕微分光物質科学研究グループ

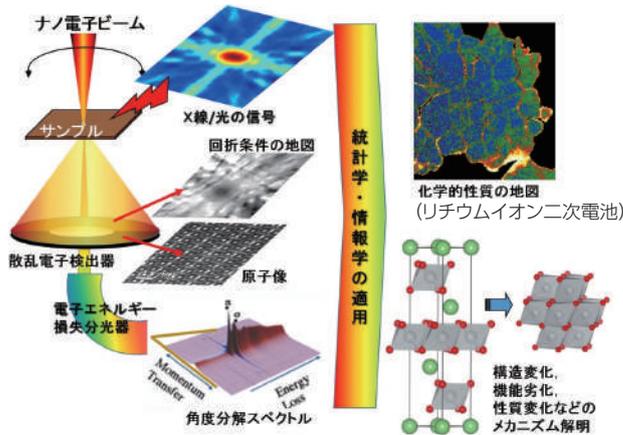
大学院：物質科学専攻

武藤俊介 教授^{※4}、大塚真弘 講師^{※4}、齊藤元貴 助教

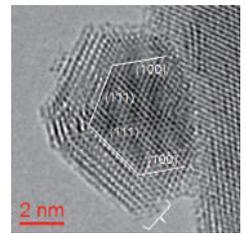
Key Words

ナノ電子・磁気物性、電子顕微鏡、複合電子顕微分光、ナノ構造解析、インフォマティクス応用

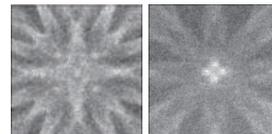
私達は、様々なナノテクノロジー材料の物性を原子レベルにまで小さく絞った電子を使った独自の手法で測定しています。その対象は基礎物性から工学のあらゆる分野(リチウム/燃料電池、自動車排気ガス触媒、磁石材料、蛍光材料、生体材料、低摩擦コーティング、誘電体素子、果てははやぶさ2の持ち帰った宇宙塵やソフトマテリアルまで)にわたり、国内外を問わず多くの共同研究を通じ、「何故そうなるか」を正しく理解して新たな材料設計を行う指針を与え続けています。最先端電子顕微鏡群を利用して今まで誰も見たことの無い世界を見てみませんか?工夫と情熱さえあれば、物質のどんな性質でも原子レベルの分解能で測定し、可視化することができます。また最近のビッグデータを取り扱うために編み出された機械学習、インフォマティクスの技法を学ぶこともできます。



研究室所有の複合電子分光走査透過電子顕微鏡



排気ガス浄化触媒金属微粒子の原子レベル反応その場観察



BaTiO₃ 単結晶から得られた X 線イオン化チャンネルング図形。(左) Ba-L 線 (右) O-K 線

フロンティア計算物質科学研究グループ

IMaSS 協力研究グループ

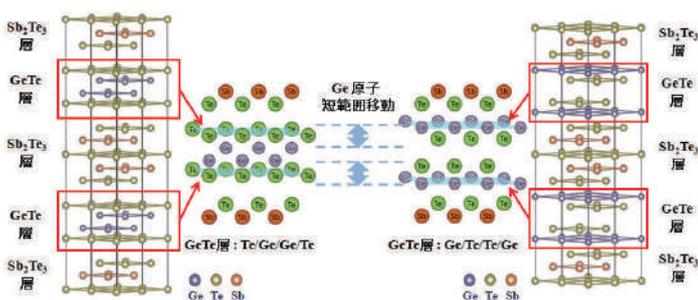
大学院：物質科学専攻

白石賢二 教授、芳松克則 准教授、洗平昌晃 助教

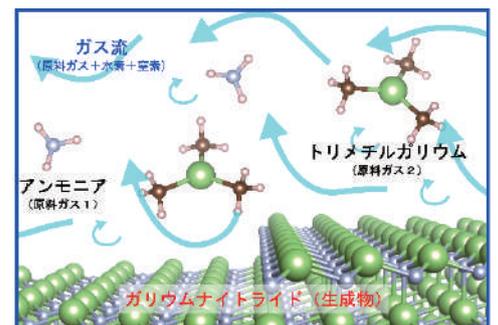
Key Words

新物質・新材料の機能設計、結晶成長マルチフィジックスシミュレーション、流れの計算科学

様々なデバイスの機能設計、結晶成長の科学、流れの科学などマイクロからマクロスケールにいたる広汎な物理現象を数理・物理的解析及び計算科学的方法によって研究しています。身のまわりのスマホや自動車の心臓部分の機能デザイン、結晶成長プロセス、流れの制御は、学問的にも応用的にも重要であるにもかかわらず、非線形ゆえにその設計及び解析は困難です。しかし、近年の計算機能力の著しい向上に伴い、スーパーコンピュータを駆使した数値シミュレーションなど、計算科学的方法による研究が現象解明の有力な手段となってきました。本研究室では計算科学的な手法を駆使して、物理現象の解明とその知見に基づく工学への応用の先端的な研究を実施しています。



新原理トポロジカルスイッチングメモリの設計

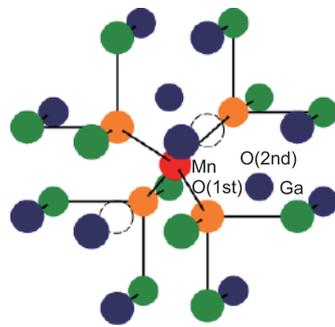
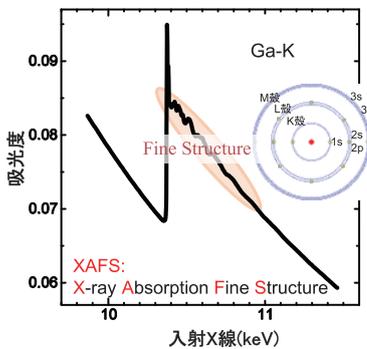


マルチフィジックスで解き明かす結晶成長過程

Key Words

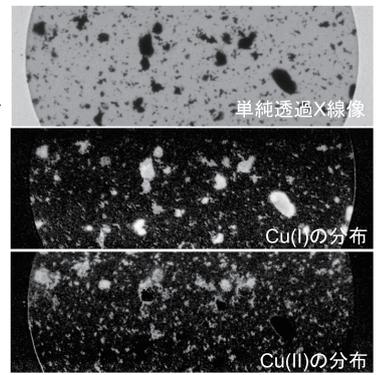
放射光 (シンクロトロン光)、X線吸収分光、物質科学

放射光とは電子などの荷電粒子が加速された時、磁場等で軌道が曲がると発生する光です。加速エネルギーと磁場強度に依存しますがX線のエネルギー領域に至る光が得られるのが特徴です。光源として粒子加速器の一種であるシンクロトロンが使われることが多いためシンクロトロン光とも呼ばれます。シンクロトロンは比較的大規模な施設になりますが愛知県には「あいちシンクロトロン光施設」があって、名古屋大学シンクロトロン研究センターはその運営に協力しています。放射光はX線の領域で極めて明るく、波長を自由に選べます。この特徴を生かしたXAFS(X線吸収微細構造)測定は重要な放射光応用技術の一つです。XAFS法では物質中に含まれる原子の化学状態(価数や電子軌道の形)、原子の周りに他の原子がどのように配置しているかを情報として得られるため、物質材料科学の重要なツールになります。当研究室ではこのような測定を行う測定系の開発、測定手法や解析手法の高度化・深化を目指した研究を行います。



◀ XAFS で明らかになった、ある蛍光体中の Mn 原子周辺の原子配置。酸素空孔 (白丸) が Mn 周りに配置して特性に影響を及ぼす。

▶ エネルギーを変えた多数の透過像から各点の XAFS スペクトルを得て化学状態を解析。さらに3次元化も可能。



量子物性計算科学グループ

Key Words

大規模第一原理計算、オーダー N 法、ナノ構造物質、表面・界面物性

物質・材料の物性、特性は原子の並び、位置によって大きく変わります。我々は、第一原理計算と呼ばれる電子状態計算手法を用いて、物質の原子スケールの構造と電子状態を定量的に明らかにし、未知物質や新規材料の構造と物性を解明、設計することを目指しています。特に、ナノ構造物質やそれらが集まって作られる次世代デバイス、さらに複雑な表面や界面によって得られる特異な機能等を主なターゲットとしています。従来の第一原理計算には数多くの原子を含んだ複雑な物質の計算ができないという問題がありますが、我々は独自の計算手法を開発し、百万原子を含むような超大規模系に対しても第一原理計算を可能とする画期的なプログラム CONQUEST を英国のグループと共同開発しています。この大規模第一原理計算手法と共に、機械学習などのデータ科学手法も取り入れながら、様々な物質の研究に取り組んでいます。

A screenshot of the CONQUEST website. The header includes 'プログラムの公開' (Program Release) and 'CONQUESTのwebサイト' (CONQUEST web site) with the URL 'http://www.order-n.org/'. The main content area features the title 'CONQUEST: Linear Scaling DFT' and a welcome message: 'Welcome to the CONQUEST web site. CONQUEST is a large scale DFT electronic structure code, capable of both deconvolution and linear scaling, on CPUs, accelerators. It has been developed jointly by NIMS (National Institute for Materials Science, Japan) and UCL. The code is designed to perform DFT calculations on very large systems (containing tens of thousands, hundreds of thousands or even millions of atoms). It can be run at different levels of precision, ranging from ab initio tight binding up to full DFT with plane wave accuracy. It is capable of operation on a range of platforms from workstations up to high performance computing centres. These web pages contain information on the code, and its applications, as well as separate areas for developers. CONQUEST is now available as an open source project under an MIT license. A recent comprehensive overview is available on arXiv:'. There are also links to 'Home', 'About CONQUEST', 'CONQUEST users', 'CONQUEST source', 'CONQUEST manual', and 'CONQUEST website'. A 'Recent News' section lists updates like 'Testing PAO basis sets on graphics cards', 'Blue-atom simulation for the first time!', and 'Changes of CONQUEST'. A QR code is also present.

Diagrams and images illustrating the structure and electronic states of Si/Ge nanostructures. The top part shows 'Si/Ge コア-シェルナノワイヤの構造と電子状態' (Structure and electronic states of Si/Ge core-shell nanowire) with a diagram of a core-shell structure and a corresponding energy band diagram. Below this is '複雑界面の構造と電子状態' (Structure and electronic states of complex interface) with a diagram of an interface. The bottom part shows 'Si/Ge界面構造探索' (Exploration of Si/Ge interface structure) with a 3D model of the interface and '強誘電体YGaO3のVortex Core' (Vortex core of ferroelectric YGaO3) with a 3D model of a vortex core. A small image on the right shows 'イオンチャネル gramicidin Aの dynamicsと電子状態' (Dynamics and electronic states of ion channel gramicidin A) with a molecular model.

物理工学科 キャリアMAP

- 2020年度～2022年度卒業・修了生、計3年間の集計です。
 - 卒業・終了時の学科・専攻で集計しています。
 - 集計時の端数処理により、グラフの合計が100%にならない場合があります。
- ※2017年4月改組前の学科の入学者のデータが含まれる参考データです。

■ 主な就職先 (過去3年間、産業別50音順)

鉄鋼業、非鉄金属・金属製品製造業：LIXIL、JX金属、愛知製鋼、住友電気工業、大同特殊鋼

はん用、生産用、業務用機械器具製造業：オークマ、マキタ、ヤマザキマザック

電気・情報通信機械器機製造業：イビデン、キヤノン、京セラ、セイコーエプソン、日本IBM、日本航空電子、パナソニック、日立製作所、富士通、ブラザー工業、三菱電機

輸送用機械器機製造業：SUBARU、愛三工業、アイシン、川崎重工、デンソー、東海理化電機製作所、豊田合成、トヨタ自動車、トヨタ車体、マツダ、ルネサスエレクトロニクス

その他の製造業：HREM、HUAWEI、ウエスタンデジタル、キオクシア、ソニーセミコンダクタソリューションズ、東芝デバイス&ストレージ、ニチコン、日本ガイシ、カネカ、住友化学、住友ゴム工業、中微半導体、東洋紡、東レ、日本特殊陶業、浜松ホトニクス、ブリヂストン、村田製作所、三菱マテリアル、レゾナック、ローム

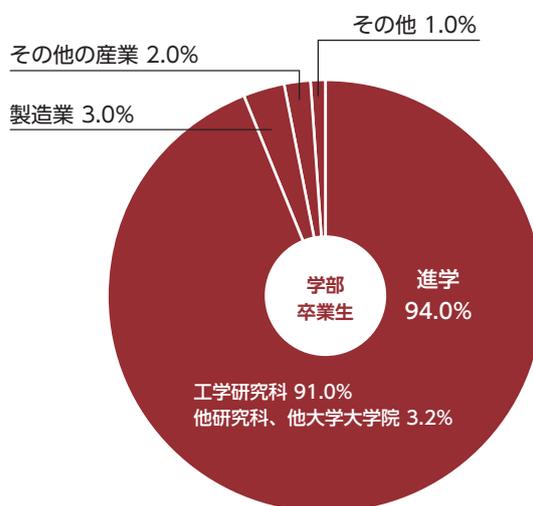
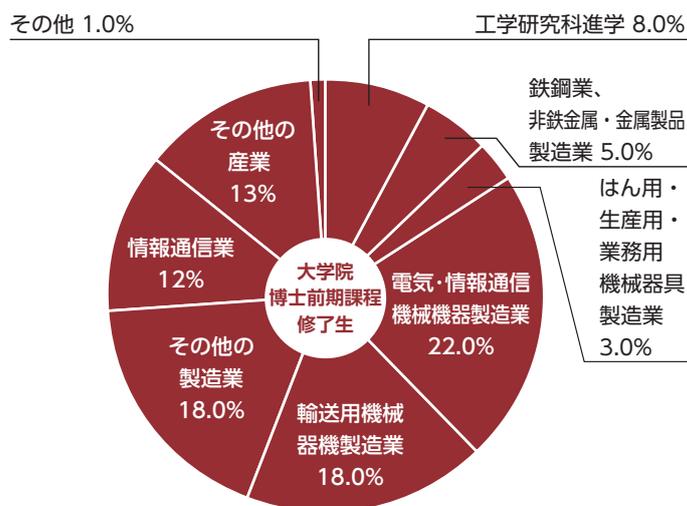
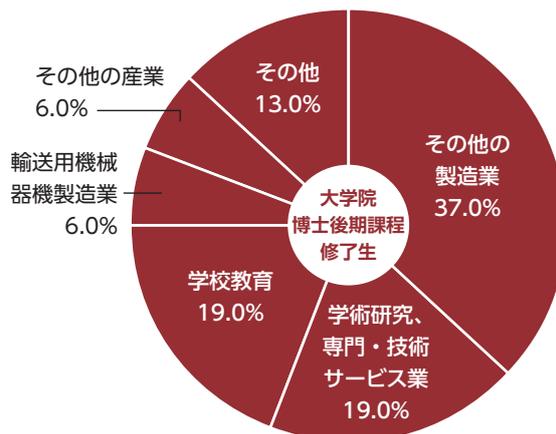
情報通信業：ウェザーニューズ、NECソリューションイノベータ、NTTデータ、カーネル・ソフト・エンジニアリング、セック、日鉄ソリューションズ、日本タタ・コンサルタンシー・サービシズ、日本電信電話、フューチャーアーキテクト、KDDI

学術研究、専門・技術サービス業：阪急阪神ホールディングス

高等教育機関、公務：愛知県立東浦高等学校、海上保安庁、名古屋市役所、名古屋大学、北海道大学

その他の産業：Dirbato、JERA、PwC、旭化成、中部国際空港、中部電力、中部電力パワーグリッド、トーマツ、豊田通商、博報堂、三菱商事、三菱UFJ銀行、パーソルクロステクノロジー、楽天グループ、野村證券

■ 卒業後の進路 (過去3年間)



応用物理学専攻

科学と技術のインターフェース

本専攻に進学すると、学部で学んだ物理学の堅固な知識を基盤として、物性物理学、材料科学、計算科学分野におけるより高度かつ先端的な課題の研究を行います。研究を通じて、新しい原理の発見とそれを広く応用する能力、新しい境界領域を創造する能力が身につきます。結果として基礎と応用の両分野で活躍できる研究者、技術者となります。後期課程では、社会の課題を自らの研究に結びつけ、その解決を果たすための創造力/総合力/俯瞰力を養います。高い見識を有し、国際的に指導力を発揮できる人材となります。



研究グループ

- ・ 物性基礎工学研究グループ
- ・ 量子物性工学研究グループ
- ・ 光物理工学研究グループ
- ・ 数理工学研究グループ
- ・ 構造物性工学研究グループ
- ・ 磁性材料工学研究グループ
- ・ 電子線ナノ物理工学研究グループ (IMaSS協力)
- ・ 生体分子物理工学研究グループ
- ・ ナノ物性工学研究グループ

<http://www.ap.pse.nagoya-u.ac.jp>

物質科学専攻

新しい視点で物質を科学する

本専攻に進学すると、学部で学んだ物理学に、応用物理学・材料科学・応用化学等の幅広い理工学分野のエッセンスを融合させた物質科学の新しい学問体系を学べます。物質やデバイスが関わる幅広い工学と社会の発展に寄与できる多角的な視野・柔軟な価値観が身につきます。後期課程では、物質科学に関わる個々の学問分野をより深く探究しつつ、枠組みを乗り越えた周辺領域も学びます。科学技術分野で世界的なリーダーシップがとれる技術者・研究者を養成します。



研究グループ

- ・ 高圧力物質科学研究グループ
- ・ 電子機能材料研究グループ
- ・ ナノ電子デバイス工学研究グループ
- ・ 量子スピン物性工学研究グループ
- ・ 量子ビーム物性工学研究グループ
- ・ 材料設計工学研究グループ
- ・ レオロジー物理工学研究グループ
- ・ ナノ顕微分光物質科学研究グループ
- ・ フロンティア計算物質科学研究グループ (IMaSS 協力)
- ・ 放射光応用物質科学研究グループ (NUSR 協力研究)
- ・ 量子物性計算科学グループ (NIMS 連携大学院)

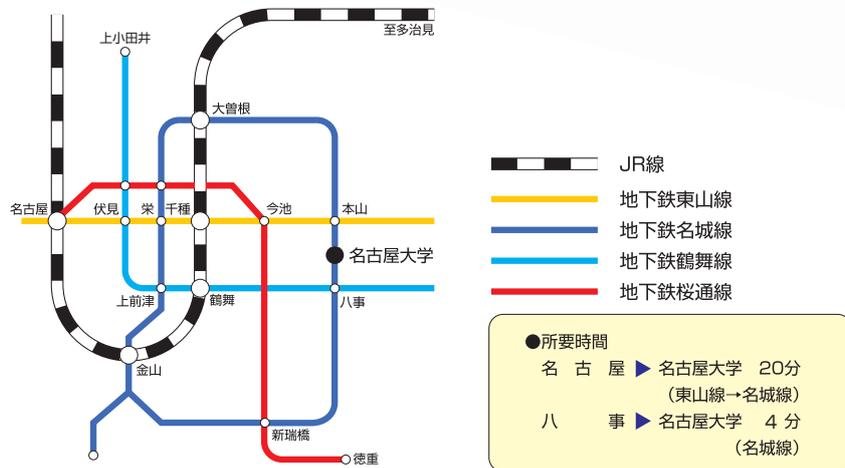
<http://www.mp.pse.nagoya-u.ac.jp>

物理工学科

名古屋大学東山キャンパス



- ① E1創発工学館 (放射光応用物質科学研究グループ以外の研究グループ)
- ② 工学部8号館南棟 (放射光応用物質科学研究グループ)
- ③ 工学部3号館 (応用物理学専攻所属の研究グループおよび事務室)



さらに詳しく知りたい方へ

物理工学科のカリキュラム、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

名古屋大学工学部物理工学科 事務室 (工学部3号館中棟246号室)

TEL : 052(789)3562・4469 FAX : 052(789)3724 URL : <http://www.pse.nagoya-u.ac.jp/>

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