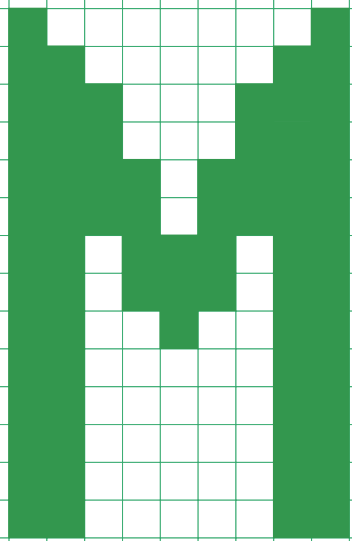
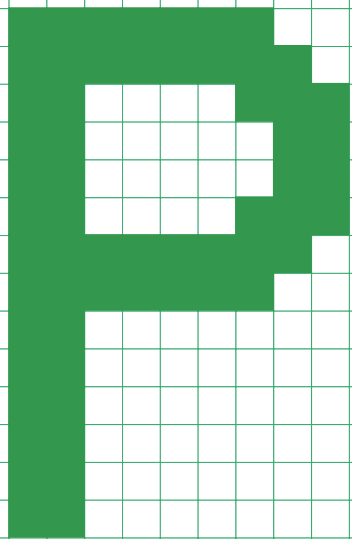
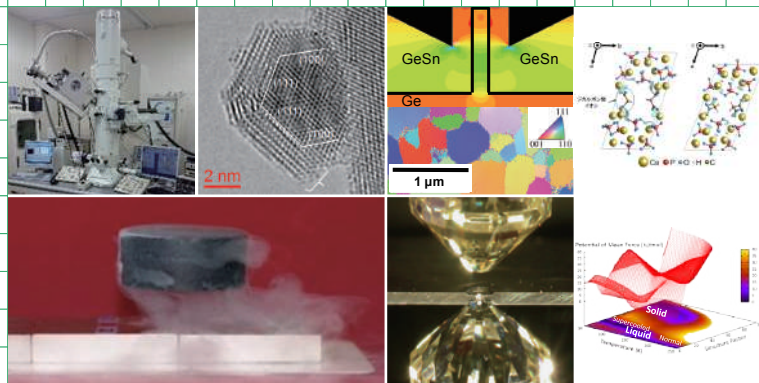


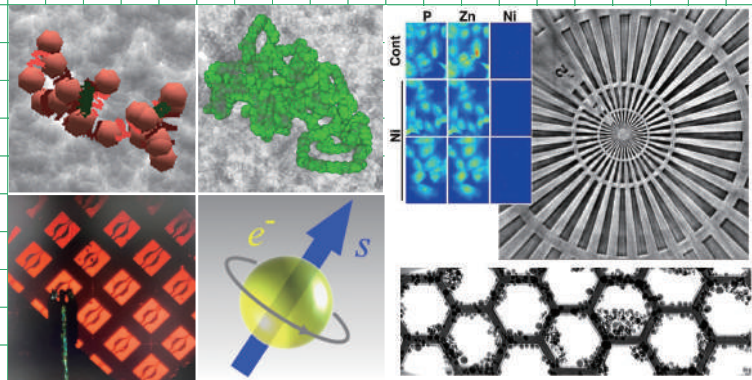
名古屋大学 大学院工学研究科
物質科学専攻



MATERIALS



PHYSICS



新しい視点で物質を科学する

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

物質科学とは

新しい視点で物質を科学する

原子スケール・ナノスケールでの物質創製や加工が可能となった現代では、電子・原子・分子レベルでの、物質の構造や特性評価ならびにデバイス特性の制御が不可欠となっています。ミクロからマクロまでの物質の持つ無限に広がる可能性を追求する物質科学は、豊かな持続社会を構築する21世紀の科学技術に革新をもたらす極めて重要な学問となっています。物質中の電子分布や原子配列の制御、および電子やスピンの量子効果や電子相関に基づく機能制御の基礎原理、ならびに高空間・高エネルギー分解能を持ったナノスケールの計測・解析を行う基礎技術の習得により、新しい視点で物質を科学する人材を育成します。

何を学ぶのか

物理を基盤とした物質のサイエンスとエンジニアリング

①前期課程

本専攻に進学すると、学部で学んだ物理学を基盤として、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。物質やデバイスに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付きます。

②後期課程

物質科学に関わる個々の学問分野の基礎原理を一層深化させるとともに、これらの枠組みを乗り越え融合した新しい物質科学を創出できる高い見識と創造性豊かで高度の総合性・俯瞰性も学びます。物質科学における新しい原理解明や技術革新の実現を通して、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。

以下はカリキュラムの一部です。

	主専攻科目 基礎科目	主専攻科目 専門科目	他専攻・他研究科等科目	総合工学科目
前期課程	理工工学のすすめ	セミナー 1A,1B,1C,1D 特別輪講 A, B 特別実験および演習 A, B 高圧力物質科学特論 スピントロニクス特論 材料ナノ構造設計学特論 半導体物性工学特論 電子物性学特論 フロンティア計算物理特論 高エネルギー電子分光特論 量子ビーム物性工学特論 レオロジー物理学特論 物質科学特別講義 A, B, C, D 国際協働プロジェクトセミナーI 大規模並列数値計算特論 修士論文	当該専攻以外の工学研究科で開講される授業科目、本学他研究科で開講される授業科目、大学院共通科目、単位互換協定による他の大学院の授業科目または工学研究科入学時において当該学生が未履修の学問分野に関する本学学部の授業科目のうち、指導教員および専攻長が認めたもの。これらを履修し、修了に必要な単位とすることができる。	高度総合工学創造実験 研究インターンシップ1 最先端理工学特論・実験 コミュニケーション学 先端自動車工学特論 科学技術英語特論 ベンチャービジネス特論 学外実習 宇宙研究開発概論 実世界データ解析学特論 実世界データ循環システム特論 国際プロジェクト研究 国際協働教育特別講義 国際協働教育外国語演習 リサーチスキルズB1～B4 リサーチスキルズC1～C6 工学のセキュリティと倫理
後期課程		セミナー 2A, 2B, 2C, 2D, 2E 国際協働プロジェクトセミナーII 博士論文		実験指導体験実習 研究インターンシップ2 実世界データ循環システム特論II 産学官プロジェクトワーク 研究室ローテーション

研究室紹介

物質科学専攻は、物理学・材料科学・量子工学・計算科学を基盤としているため、研究内容も多彩です。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択することができます。

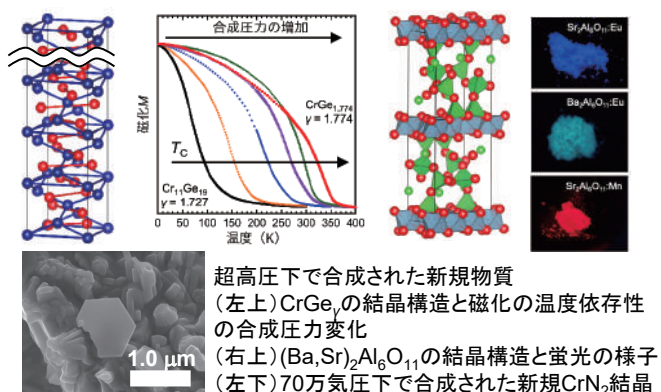
高圧力物質科学研究グループ

長谷川 正 教授、丹羽 健 准教授※¹、佐々木 拓也 助教

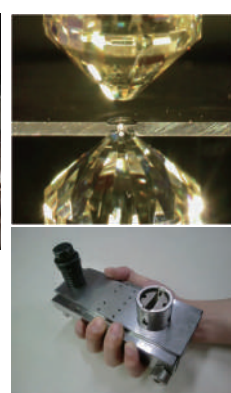
Key Words

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。



超高压発生装置
(左、中) マルチアンビルプレス
(右、下) ダイヤモンドアンビルセル



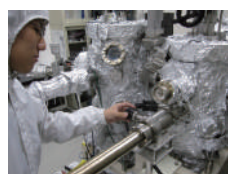
電子機能材料研究グループ

生田博志 教授、畑野敬史 准教授、浦田隆広 助教

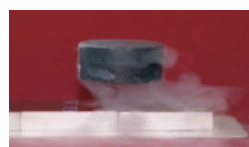
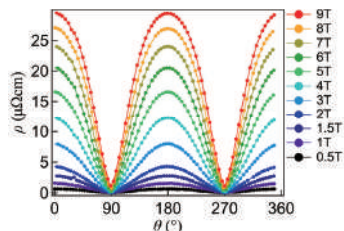
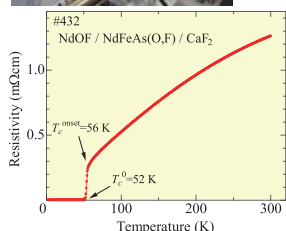
Key Words

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

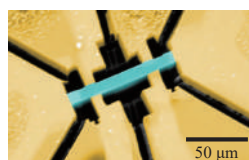
現代社会は、物質の有用な物性を巧みに活用した電子機器に支えられています。一見、複雑な物性も、多くの場合、本質は意外と単純な物理に基づいています。しかし、多数の電子やフォノンが相互作用することで、思いもよらない劇的な振る舞いを示します。近年、様々な物質で多様かつ特異な物性が見出されていますが、今後も社会が持続して発展するには、これらの新奇特性を担う物理の本質を解き明かし、活用する必要があります。我々の研究室では、高温超伝導体、強相関電子系、トポロジカル物質などの特異な物性の機構解明に取り組んでいます。特に、様々な実験的手法を用いて、核心にある物理の本質を理解することを目指しています。また、鉄系超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



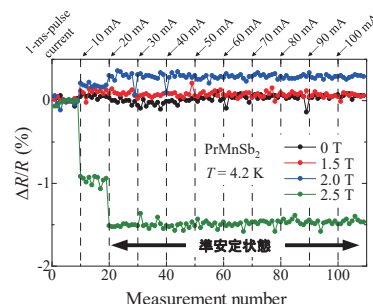
(左) 分子線エピタキシー法による薄膜成長
(左下) 鉄系超伝導体薄膜 NdFeAs(O,F) の抵抗率の温度依存性
(右下) NdFeAs(O,H) 薄膜の抵抗率の磁場角度依存性



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

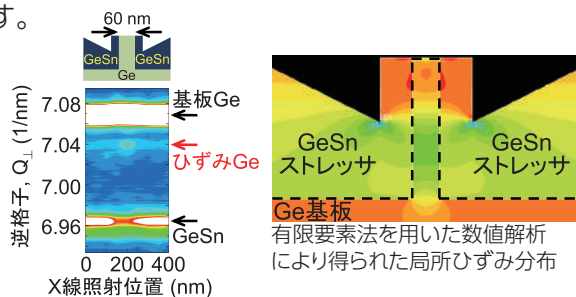
ナノ電子デバイス工学研究グループ

中塚 理 教授、黒澤昌志 准教授、坂下満男 助教、柴山茂久 助教

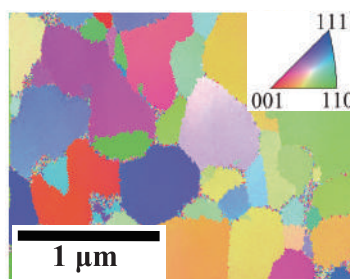
Key Words

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

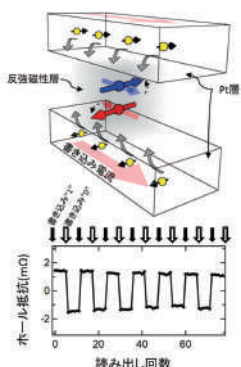
森山貴広 教授、飯浜賢志 准教授、林 兼輔 助教

Key Words

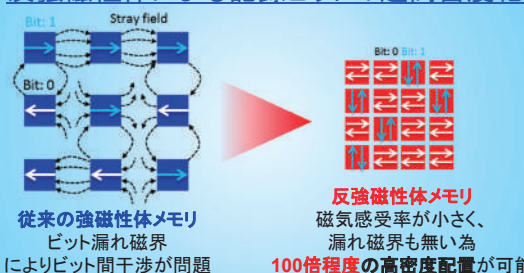
スピントロニクス、磁気物理、磁性材料、高周波スピンデバイス

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



反強磁性体による記録ビットの超高密度化



量子ビーム物性工学研究グループ

松山智至 教授※¹、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。



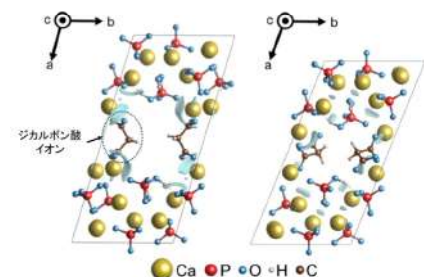
材料設計工学研究グループ

松永克志 教授、横井達矢 准教授、小椋優 助教

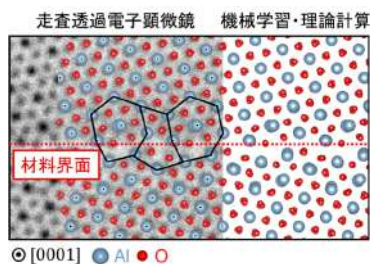
Key Words

電子状態計算、透過型電子顕微鏡、構造材料、機能性材料

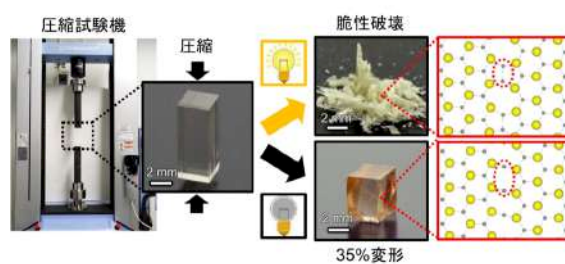
現代社会を支える材料の物性は原子・電子レベルの物理現象と密接に関係しているため、これらの制御は材料開発における重要な課題となっています。我々は実験手法と理論計算手法を用いて、物性発現の機構を微視的な観点から理解し、新規材料の設計指針を提案することを目指します。機能性材料から構造材料までの幅広い物質・材料を研究対象にしています。バイオセラミックスの研究では、点欠陥や有機分子の安定性の解析から生体親和性の起源の解明を目指しています。酸化物セラミックスの研究では、機械学習と理論計算、電子顕微鏡により、材料界面の原子・電子構造を解明することを目指しています。半導体の研究では、実験と理論計算により光環境の有無が材料の変形に与える影響と機構を解明することを目指しています。



リン酸ハカルシウム: H_2O の有無が原子・電子構造に与える影響



酸化アルミニウム: 材料界面における完全結晶から逸脱した原子構造



硫化亜鉛: 光照射の有無による変形挙動の変化
過剰キャリアによる局所的な原子構造変化

レオロジー物理工学研究グループ

増淵雄一 教授、畝山多加志 准教授、石田崇人 助教

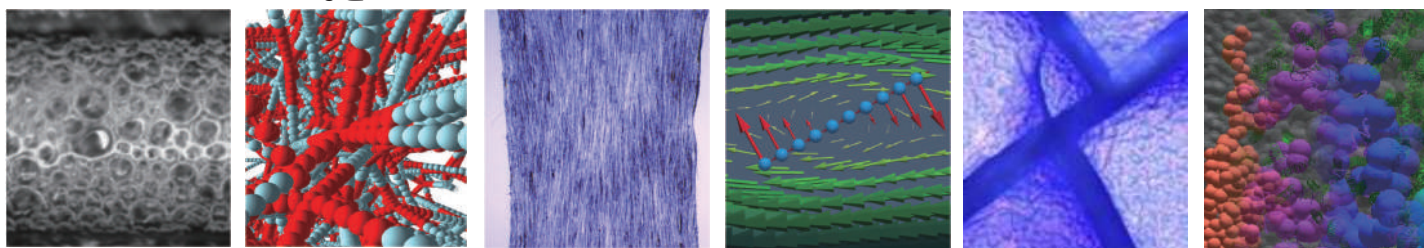
Key Words

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。

ソフトマターの基礎物理：高速流動下の輸送現象と不安定現象，結晶性高分子の粗視化モデル，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，リキッドマーブルの変形，紐状ミセル溶液の高速流動，高強度ゲルのゲル化過程，など

身近なレオロジーの物理：マイクロプラスチックの生成，高分子の劣化，ゴムの超高压物性，プラスチックの長時間物性予測，など



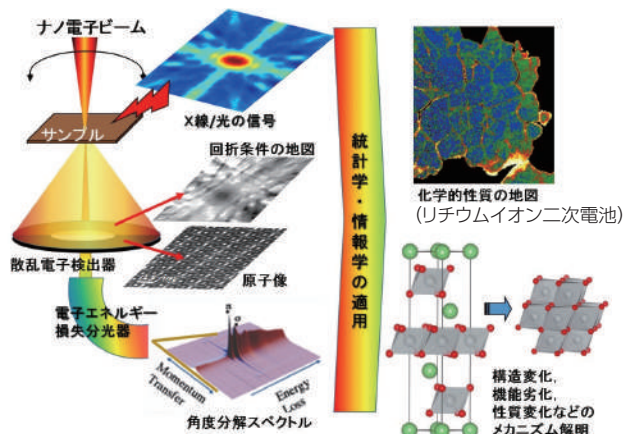
ナノ顕微分光物質科学研究グループ

武藤俊介 教授^{※2}、大塚真弘 講師^{※2}、齊藤元貴 助教

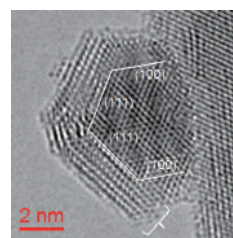
Key Words

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

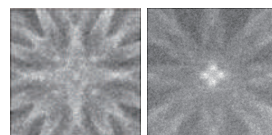
私達は、様々なナノテクノロジー材料の物性を原子レベルにまで小さく絞った電子を使った独自の手法で測定しています。その対象は基礎物性から工学のあらゆる分野（リチウム／燃料電池，自動車排気ガス触媒，磁石材料，蛍光材料，生体材料，低摩擦コーティング，誘電体素子，果てははやぶさ2の持ち帰った宇宙塵やソフトマテリアルまで）にわたり、国内外を問わず多くの共同研究を通じ、「何故そうなるか」を正しく理解して新たな材料設計を行う指針を与え続けています。最先端電子顕微鏡群を利用して今まで誰も見たことの無い世界を見てみませんか？工夫と情熱さえあれば、物質のどんな性質でも原子レベルの分解能で測定し、可視化することができ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

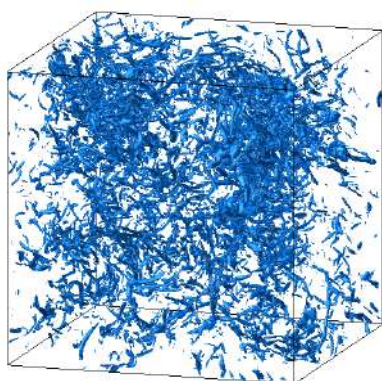


BaTiO₃ 単結晶から得られた X 線イオン化チャネルリング図形。(左) Ba-L 線 (右) O-K 線

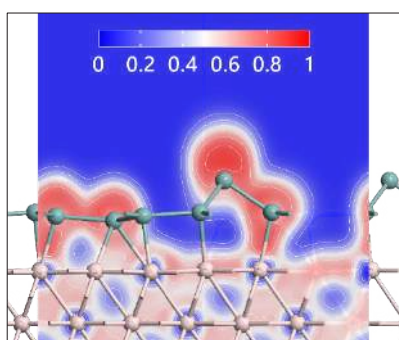
Key Words

電子状態計算、自由エネルギー解析、流れの計算科学

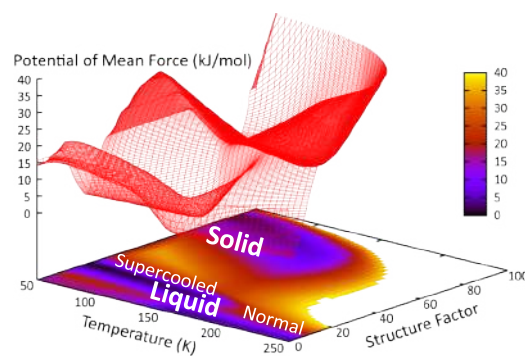
本研究グループでは、物質中の電子や原子の挙動、流体の運動といった、ミクロからマクロにわたる物理現象を研究しています。これらの現象の理解は、学術としてだけでなく、材料探索、デバイス設計などの応用としても極めて重要です。しかしながら、対象とする現象は強い非線形性を示し、膨大な自由度を有するため、その解明は容易ではありません。近年では、スーパーコンピュータを用いた数値シミュレーションなどの計算科学的手法や、データ科学的手法がこの解明の強力な手段です。本グループでは、これらの手法に加え数理・物理的解析も駆使して、現象解明とその知見に基づく先端的な研究に取り組んでいます。



乱流中の強い渦



表面での電子の局在具合



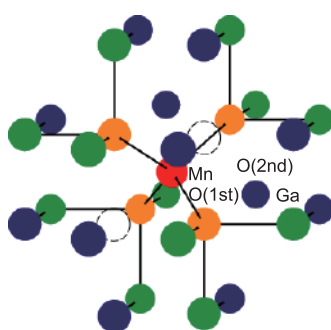
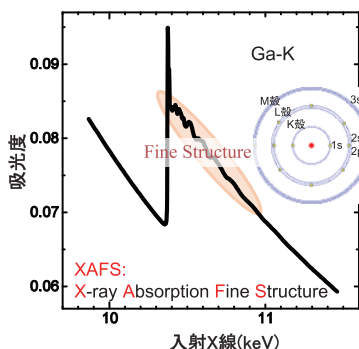
固液相転移における自由エネルギー地形

放射光応用物質科学研究グループ

Key Words

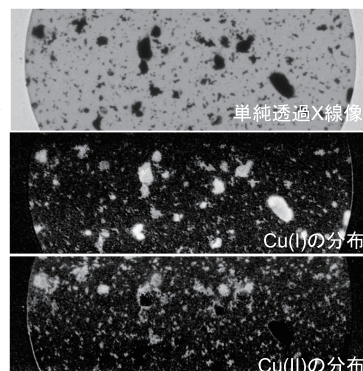
放射光 (シンクロトロン光)、X線吸収分光、物質科学

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。

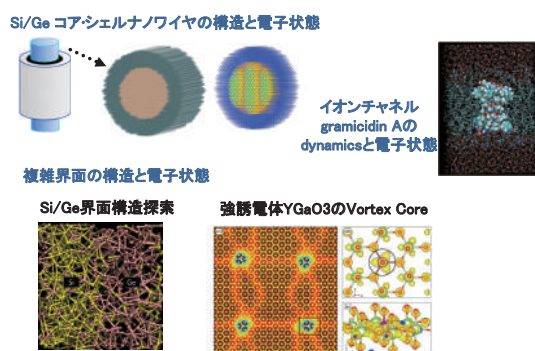
▶ エネルギーを変えた多数の透過像から各点の XAFS スペクトルを得て化学状態を解析。さらに3次元化も可能。



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。



物質科学専攻修了生のキャリアマップ

■博士前期課程修了後の進路と主な就職先

■電気・電子機器系:

ウエスタンデジタル合同会社、株式会社NTTデータ、キオクシア株式会社、京セラ、セイコーエプソン株式会社、株式会社セック、ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社、東京エレクトロニクス/ロジックソリューションズ株式会社、東芝デバイス&ストレージ株式会社、ニチコン株式会社、日本タタ・コンサルタンシー・サービス株式会社、日本電信電話株式会社、パナソニック株式会社、浜松ホトニクス株式会社、HUAWEI、フューチャーアーキテクト株式会社、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、ルネサスエレクトロニクス株式会社

■輸送機器・機械系:

愛三工業株式会社、株式会社アイシン、オークマ株式会社、川崎重工株式会社、キャノン株式会社、株式会社SUBARU、株式会社デンソー、株式会社東海理化電機製作所、トヨタ自動車株式会社、日産自動車株式会社、株式会社日立製作所、株式会社マキタ、マツダ株式会社、三菱重工業株式会社

■化学・材料系:

愛知製鋼株式会社、旭化成株式会社、株式会社カネカ、JX金属株式会社、住友化学株式会社、住友ゴム工業株式会社、住友電気工業株式会社、大同特殊鋼株式会社、東洋紡株式会社、東レ株式会社、日本ガイシ株式会社、日本特殊陶業株式会社、株式会社ブリヂストン、株式会社MARUWA、三菱マテリアル株式会社、株式会社LIXIL

■その他業種:

株式会社JERA、中部国際空港株式会社、中部電力株式会社、株式会社Dirbato、豊田通商株式会社、株式会社博報堂、阪急阪神ホールディングス株式会社、PwCコンサルティング合同会社、三菱商事株式会社

■進学:

博士後期課程

■博士後期課程修了後の主な就職先

■大学・研究所:

大阪大学、産業技術総合研究所、名古屋大学、ワイツマン科学研究所

■電気・電子系機器系:

有限会社HREM、エーエスエムエル・ジャパン株式会社、キオクシア株式会社、Japan Advanced Semiconductor Manufacturing株式会社、マイクロンメモリジャパン株式会社

■輸送機器・機械系:

中微半導体

■化学・材料系:

住友化学株式会社、日本特殊陶業株式会社、株式会社レゾナック

■その他業種:

パーソルクロステクノロジー株式会社

後期課程には在職のまま入学されている方もいます。

■ 物質科学専攻

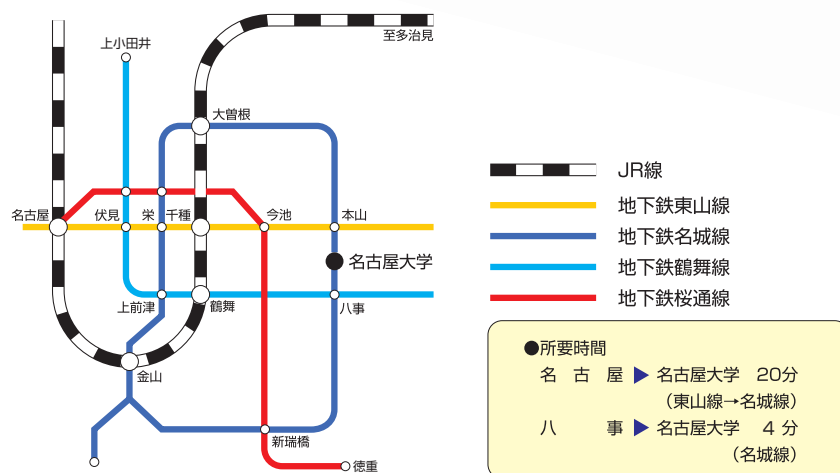
名古屋大学東山キャンパス



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(事務室)



さらに詳しく知りたい方へ

物質科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 物質科学専攻 事務室(工学部3号館中棟246号室)

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

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