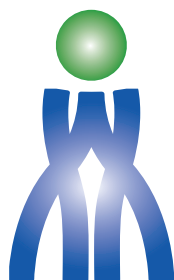


先端計測技術

「こまった」を「よかった」に変える
東北大学多元物質科学研究所



東北大学 多元物質科学研究所

IMRAM

INSTITUTE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH
FOR ADVANCED MATERIALS TOHOKU UNIVERSITY

表面構造

局所構造・
組成・物性

ナノ構造・組
織・化学状態

イメージング

レーザー

放射光X線

分子計測

化学分析

研究分野名	教授	カテゴリー	頁
走査プローブ計測技術	米田 忠弘	表面構造	1
固体表面物性	虻川 匡司 ^{SRIS}	表面構造 / 放射光X線	2
生物分子機能計測	米倉 功治	局所構造・組成・物性 (バルク・界面) ナノ構造・組織・化学状態	3
高分子物理化学	陣内 浩司	局所構造・組成・物性 (バルク・界面) ナノ構造・組織・化学状態	4
ナノ電子プローブ回折計測	津田 健治	局所構造・組成・物性 (バルク・界面) ナノ構造・組織・化学状態	5
電子回折・分光計測	寺内 正己	局所構造・組成・物性 (バルク・界面) ナノ構造・組織・化学状態	6
放射光可視化情報計測	高橋 幸生 ^{SRIS}	局所構造・組成・物性 (バルク・界面) ナノ構造・組織・化学状態 / 放射光X線	7
高分子ハイブリッドナノ材料	西堀 麻衣子 ^{SRIS}	局所構造・組成・物性 (バルク・界面) ナノ構造・組織・化学状態 / 放射光X線	8
放射光ナノ構造可視化	山本 達 ^{SRIS}	ナノ構造・組織・化学状態 / 放射光X線	9
光物質科学	小澤 祐市	イメージング	10
量子ビーム計測	百生 敦	イメージング / 放射光X線	11
量子フロンティア計測	矢代 航 ^{SRIS}	イメージング / 放射光X線	12
量子電子科学	高橋 正彦	分子計測	13
ナノ・マイクロ計測化学	福山 真央 ^(准教授)	化学分析	14

東北大学 多元物質科学研究所

多元物質科学研究所では、45 の研究室が基礎研究から社会実装に向けた取り組みまで幅広い研究を展開しています。物質・材料の分析、評価、解析に関する困りごとなど、お気軽にご相談ください。

〒 980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1

TEL : 022-217-5204 (代表) FAX : 022-217-5211

web : <https://www2.tagen.tohoku.ac.jp>

✉ : tagen-sangaku@grp.tohoku.ac.jp (産学連携窓口)

✕ : https://x.com/team_tagen



スピントロニクスへ向けた 単スピン検出と操作

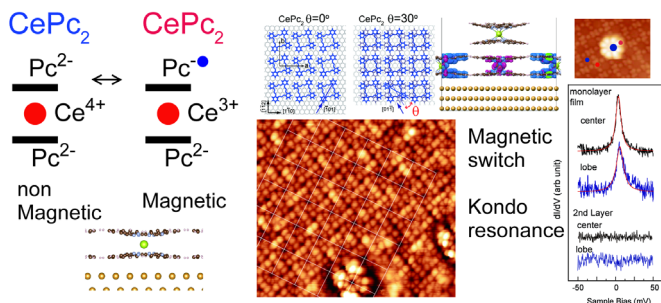
走査プローブ計測技術研究分野

専門分野・キーワード

走査プローブ顕微鏡 / 量子コンピューター / スピンエレクトロニクス / ESR-STM

主な研究テーマ

- ・ 走査型トンネル顕微鏡 (STM) を用いた分子観察・計測
- ・ トンネル分光を用いた分子振動・スピン計測などのナノスケール化学分析
- ・ 微細加工素子と分子素子の融合に向けた界面計測・制御
- ・ スピントロニクス・量子コンピューターの基礎となるスピンの制御
- ・ 環境触媒の基礎解明に向けた表面・分子相互作用の研究



単分子磁石の原子レベル磁性制御

本研究室では、走査型プローブ顕微鏡を中心とした装置開発を通じて、ナノ領域科学の基本となる計測技術や原子分子制御技術を開拓し、分子の特徴を生かした素子開発を行なおうとしています。特に近年、量子コンピューターやスピントロニクスへの応用から単スピン検出が求められており、我々は単スピンの検出手法の開発と、分子の特徴を生かした分子スピントロニクス素子の開発を進めています。

ナノ領域でのスピン・磁気特性の分析は量子情報処理の基本となる技術であり、その一つがトン

ネル磁気抵抗を用いてスピンの向きを決定しようとするものであります。我々は分子で磁石の性質を示す単一分子磁石を用いて、N・S極のいずれが上を向くかを磁気抵抗の差として求め、磁場によって反転させることに成功しています。

また局在したスピンの RF 高周波と相互作用することを利用した ESR-STM を開発し、より高度な磁気測定技術の開発を行っています。



教授 米田 忠弘 Tadahiyo KOMEDA

単一分子のスピンの自由度を用いたデバイス開発

✉ tadahiyo.komeda.a1@tohoku.ac.jp



講師 高岡 毅 Tsuyoshi TAKAOKA

固体表面における分子の運動機構の解明



助教 Janette Rika SIMON

STM によるスピン・ナノ構造、超伝導と 2 次元材料の相互作用研究

放射光と電子回折による原子レベルでの 固体表面と界面の理解と機能創成

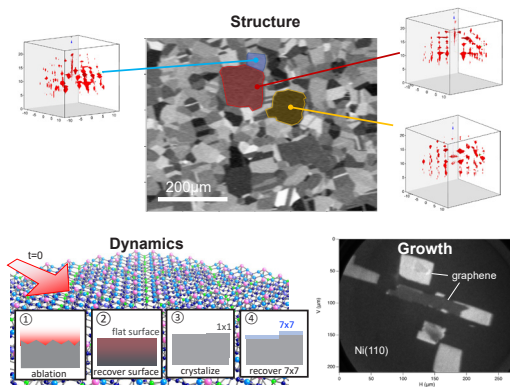
固体表面物性研究分野 / Solid Surface Physics

専門分野・キーワード

表面構造 / 放射光 / 高压合成 / 物質ダイナミクス

主な研究テーマ

- ・新しい表面構造解析法の開発
- ・新奇表面物質の作成と表面構造解析
- ・高压合成による新物質探索と物性研究
- ・放射光を用いた物質ダイナミクス研究



ナノ表面の構造、表面の動的プロセス、結晶成長が研究ターゲットです。

本研究分野では、様々な機能を持った表面・界面の創成を目指して、放射光と電子回折を用いて結晶表面・界面を原子レベルで理解する研究を行っています。

これまでに、表面の原子配列を3次元的可視化するために、振動相関熱散乱法、ワイゼンベルグ反射高速電子回折法などの新しい表面構造解析法を独自に開発しました。ワイゼンベルグ反射高速電子回折法では、3次元的な表面構造解析に必要な大量のデータを、わずか20分程度で測定でき

る優れた手法です。また、反応ダイナミクスや構造相転移ダイナミクスを研究するために、ストリークカメラ電子回折法という表面原子の高速な動きを捉える新しい手法を開発しました。以上の手法や光電子顕微鏡 (PEEM)、走査電子顕微鏡 (SEM)、走査トンネル顕微鏡 (STM) などの顕微手法を使って、新たに作成した表面物質や新物質の構造を明らかにし、さらに NanoTerasu の放射光を用いてそれらの電子状態を解明することで、物性発現のメカニズムを明らかにします。



(SRISと兼務)
教授 虻川 匡司 Tadashi ABUKAWA
表面構造解析と電子状態解析
✉ abukawa@tohoku.ac.jp



(SRISと兼務)
准教授 星野 大樹 Taiki HOSHINO
コヒーレントX線散乱手法による
非平衡・不均一系のダイナミクス解析



(早稲田大学と兼務)
教授 高山 あかり Akari TAKAYAMA
二次元物質系の物理



准教授 山本 孟 Hajime YAMAMOTO
新規遷移金属酸化物探索と量子ビーム
を用いた構造物性研究

クライオ EM でタンパク質、有機分子の構造メカニズムに迫る

生物分子機能計測研究分野

専門分野・キーワード

高分解能クライオ EM / 電子線三次元結晶構造解析 / AI データ測定 / トモグラフィー

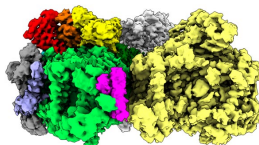
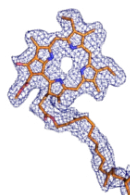
主な研究テーマ

- ・ 高分解能単粒子クライオ EM 解析
- ・ タンパク質、有機分子微小結晶の電子線三次元結晶構造解析
- ・ AI 測定等のクライオ EM の手法開発
- ・ XFEL による有機分子の微小結晶構造解析

タンパク質や有機分子は、複雑な立体構造を形成して、機能を発現します。本研究室は、最先端のクライオ電子顕微鏡 (EM) 技術を用いて、より高い分解能、高い精度でこれらの試料の構造を決定し、その機能解明を目指します。AI 自動データ測定やデータ解析などの技術開発も進めます。

電子線は物質と強く相互作用するため、タンパク質の一分子の像が得られます。この特性を利用するのが単粒子解析で、タンパク質の原子の配置が得られます。構造変化や揺らぎを捉えることもでき、構造ダイナミクス研究も可能です。また、極微小な結晶からでも回折が得られるため、電子線三次元結晶解析では分子構造をより詳細に調べることができます。細胞組織や大きく不均一な複合体に対しては、電子線トモグラフィーにより立体構造を解析します。

放射光 X 線も相補的に利用し、構造形成、安定化、機能発現に直結する水素原子や電荷の情報も可視化し、複雑な分子の構造メカニズムに迫ります。



単粒子解析構造とクライオ電子顕微鏡



教授 米倉 功治 Koji YONEKURA

電子線三次元結晶構造解析、高分解能クライオ EM

✉ koji.yonekura.a5@tohoku.ac.jp



准教授 濱口 祐 Tasuku HAMAGUCHI

高分解能単粒子解析、トモグラフィー



講師 黒河 博文 Hirofumi KUROKAWA

三次元電子回折法による微小結晶構造解析



助教 豊永 拓真 Takuma TOYONAGA

クライオ EM を用いた生命ナノデバイスの高分解能構造解析



助教 池内 健 Ken IKEUCHI

超細胞内チェックポイント機構の分子構造解明

(FRIS と兼務)

電子顕微鏡法によってソフトマテリアルの構造とダイナミクスを観る

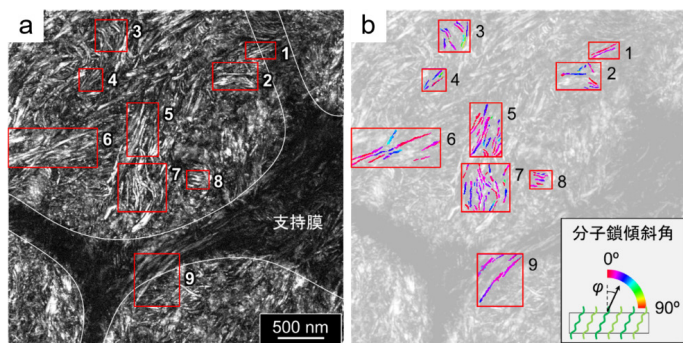
高分子物理化学研究分野

専門分野・キーワード

ソフトマター物理 / 高分子の自己組織化 / 高分子結晶 / 高分子複合材料

主な研究テーマ

- ・有機・無機複合材料のナノスケール変形機構解析
- ・半結晶性高分子材料のナノスケール構造解析
- ・有機・無機接着界面の原子レベル構造解析
- ・ブロック共重合体の自己組織化ナノ構造の3次元観察とその分子論的解析
- ・単一高分子鎖の電子顕微鏡直接観察



(a) 高密度ポリエチレン試料における結晶構造。白い領域は高分子結晶の基礎単位であるラメラ晶。
(b) ラメラ晶内部の高分子鎖の(ラメラ晶表面に対する)傾斜状態を表すマップ。分子の傾斜はラメラ晶の安定性と関係する。各ラメラ晶の色合いは、右下に表示した高分子の傾斜角に対応している。

高分子は軽量性・柔軟性・加工性などに優れた物質であり、基幹材料として産業的に広く利用されています。高分子材料の物性は、化学構造や分子鎖の配列を制御することに加え、異種高分子や無機物質を混合することで幅広くコントロールされています。しかし、材料の内部に形成される分子・ナノスケールの微細構造と巨視的な物性・機能の相関関係は明確になっておらず、より高性能・高機能な高分子材料を設計する上でこの関係の解明が強く求められています。

当研究室では、高分子材料内部の微細構造やそのダイナミクスを精確に観測するため、最新の透過型電子顕微鏡法の開発に取り組みつつ、巨視的な物性・機能を分子レベルから理解することを目指しています。具体的には、高分子・無機複合材料の原子分解能観察や変形ダイナミクスの観察・高分子結晶のナノスケールマッピング・単一高分子鎖の原子分解能観察・ナノ相分離構造の3次元観察等に取り組んでいます。



教授 陣内 浩司 Hiroshi JINNAI

電子顕微鏡を用いたソフトマテリアルの精密構造解析

✉ hiroshi.jinnai.d4@tohoku.ac.jp



准教授 宮田 智衆 Tomohiro MIYATA

透過型電子顕微鏡法を用いた高分子材料の原子分解能解析



助教 狩野見 秀輔 Shusuke KANOMI

先端電子顕微鏡法を用いた高分子材料の内部構造とダイナミクスの解析

局所構造・組成・物性

ナノ構造・組織・化学状態

ナノ電子プローブを用いた局所構造・静電ポテンシャル分布解析

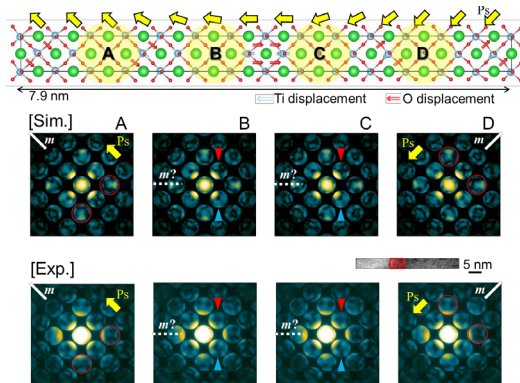
ナノ電子プローブ回折計測研究分野

専門分野・キーワード

収束電子回折 / 4D-STEM / 結晶界面・ナノドメイン構造 / 電場印加その場観察

主な研究テーマ

- ・収束電子回折法による局所結晶構造・静電ポテンシャル分布解析法の開発と応用
- ・4D-STEM 法による結晶界面・ナノドメイン構造の局所構造・静電ポテンシャル分布解析
- ・機能性材料の外場印加におけるナノ局所結晶構造解析
- ・構造相転移におけるナノ局所結晶構造解析
- ・動力学回折計算による 3D ED データの結晶構造解析手法の開発



BaTiO₃ 強誘電 90°ドメイン壁の構造モデル、動力学回折計算および実験で得た CBED 図形

機能性材料において、ナノスケールの局所構造や結晶・ドメイン界面に起因する特異な物性の報告が増加しており、局所結晶構造解析の重要性が高まっています。このためには、透過電子顕微鏡を利用して、ナノサイズに収束した電子プローブを試料に照射する収束電子回折 (CBED) 法がきわめて有利です。本研究分野では、CBED 法を用いて動力学回折 (多重散乱) 理論計算に基づく定量的な局所結晶構造解析を世界に先駆けて実現し、強誘

電セラミックス材料、半導体デバイス、固体燃料電池関連材料等に適用しています。現在、走査透過電子顕微鏡 (STEM) 法と CBED 法を組み合わせた 4D-STEM 法を活用して、結晶界面・ナノドメイン構造のような非周期・不均一構造から局所結晶構造・静電ポテンシャルの空間変化を定量解析する手法の開発に取り組んでおり、局所構造・界面に起因する新規機能性材料開発に寄与することを目指しています。



教授 津田 健治 Kenji TSUDA

収束電子回折法による局所結晶構造・静電ポテンシャル分布解析法の開発と応用

✉ kenji.tsuda.b6@tohoku.ac.jp



助教 森川 大輔 Daisuke MORIKAWA

4D-STEM 法による結晶界面・ナノドメイン構造の局所構造・静電ポテンシャル分布解析

電子線を用いた局所の構造・物性解析手法の開発と応用

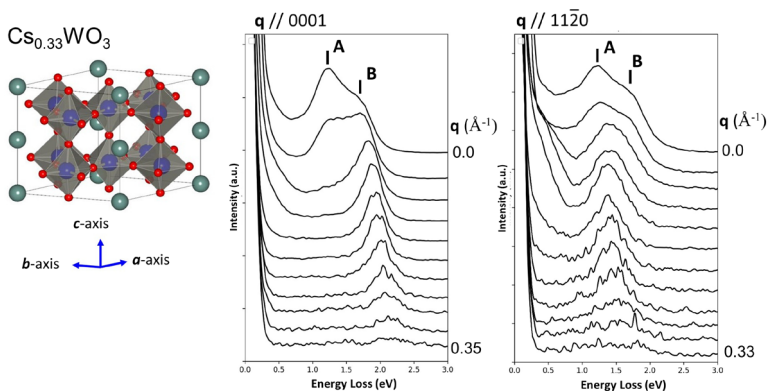
電子回折・分光計測研究分野

専門分野・キーワード

電子顕微鏡／電子エネルギー損失分光／軟X線発光分光／収束電子回折

主な研究テーマ

- ・機能性ナノ粒子の物性解析
- ・角度分解 EELS による光物性評価手法の開発
- ・電子顕微鏡用 SXES 装置の開発と応用
- ・収束電子回折法およびビームロッキング電子回折を用いた局所構造解析



熱線遮蔽の起源となる異方的な電子振動の計測

持続可能な社会の実現には、省資源・省エネルギーでコンパクトな高機能デバイスや新物質の開発が必要であり、そのためには、電子顕微鏡を基礎としたナノスケールでの構造・物性解析手法の確立とその適用が不可欠です。これまでに、我々の目標である「ナノスケール構造・物性解析システムの構築」の実現を目指し、世界初の精密構造解析用分光型電子顕微鏡および解析ソフトウェア、高エネルギー分解能 EELS 電子顕微鏡、世界初の価

電子状態分析電子顕微鏡など、オリジナルな手法・装置の開発とその機能評価への応用を行い、物性の解明と手法の有用性を実証してきました。図は、熱線遮蔽材料として用いられている Cs ドープ酸化タングステンのプラズモン振動の結晶方位依存性を角度分解 EELS により測定した例です。近赤外光エネルギー領域で、結晶方向に依存して 2 つの振動エネルギーが存在し、これらが高効率な近赤外光遮蔽性能の起源であることを解明しました。



教授 寺内 正己 Masami TERAUCHI

電子顕微鏡を用いた構造・電子状態解析

✉ masami.terauchi.c4@tohoku.ac.jp



准教授 佐藤 庸平 Yohei SATO

電子ナノプローブを用いたナノマテリアルの誘電特性解析



助教 松本 高利 Takatoshi MATSUMOTO

In silico による高感度・高選択的な機能性試薬の設計開発

局所構造・組成・物性

ナノ構造・組織・化学状態

放射光で未踏の時空間を可視化し 材料科学を革新

放射光可視化情報計測研究分野

専門分野・キーワード

コヒーレント X 線光学 / 放射光 / 顕微イメージング / データ科学

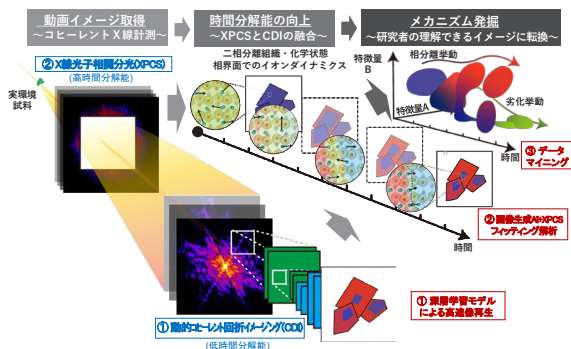
主な研究テーマ

- ・ X 線タイコグラフィの開発と機能性材料の微細構造・化学状態イメージングへの応用
- ・ 動的コヒーレント回折イメージング法の開発と材料科学現象の動画化への展開
- ・ オペランド結像型イメージング XAFS 法による電池材料のマルチスケール化学状態分析
- ・ データ駆動型アプローチを活用したイメージングデータ解析法の開発
- ・ 鉱工業化学反応プロセス解明と設計のための局所構造解析

実用材料の多くは、原子スケール（ミクロ）からミリメートルスケール（マクロ）に至る階層的かつ不均一な構造を有しており、その性質や機能は、空間・時間にまたがる多様な現象によって決定されます。これらの材料を理解・設計するには、ミクロからマクロ、静的から動的に至るまでの構造と特性の関係性を、包括的かつ定量的に捉えることが不可欠です。本研究室では、放射光を用いた最先端のイメージング・分光技術の開発を通じて、ナノからマイクロ、さらには時間軸にまで拡張した未踏の時空間スケールでの観察・解析に取り組んでいます。特に、放射光の高いコヒーレンス性を活かしたコヒーレント回折イメージングや、オペランド環境下での X 線吸収分光イメージングにより、従来の手法では捉えられなかった構造や現象の可視化を実現しています。

超タイコグラフィによる微視的・非平衡状態の可視化

コヒーレント X 線計測法とデータ駆動型アプローチの連携



さらに、データ駆動型アプローチや機械学習技術と組み合わせ、取得した多次元データから材料特性と微細構造の相関を抽出・解析する新たな研究基盤の構築を目指しています。



(SRIS と兼務)

教授 高橋 幸生 Yukio TAKAHASHI

次世代のコヒーレント X 線イメージング法の開拓とその応用

✉ ytakahashi@tohoku.ac.jp



(SRIS と兼務)

准教授 篠田 弘造 Kozo SHINODA

鉄・非鉄製錬プロセス関連物質中の元素選択的局所構造解析と化学状態評価



(SRIS と兼務)

助教 阿部 真樹 Masaki ABE

先端 X 線顕微イメージング技術の開発と材料分析への応用

放射光分析を駆使したハイブリッドナノ材料の階層構造ダイナミクス

高分子ハイブリッドナノ材料研究分野

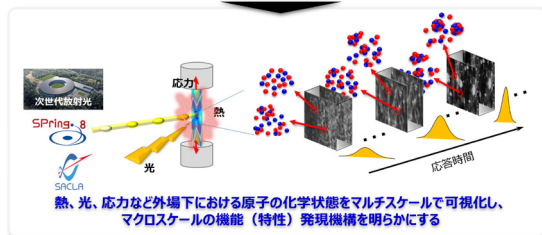
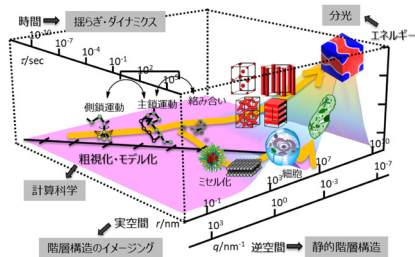
専門分野・キーワード

有機-無機ハイブリッドナノ材料 / 時空間階層構造 / ダイナミクス / 放射光 X 線分析

主な研究テーマ

- ・ 高分子-セラミックスハイブリッドナノ材料の合成
- ・ 機能性無機材料表面へのポリマーブラシ修飾と界面相互作用の解明
- ・ X 線分光法と計算科学の融合による材料中の原子拡散挙動の追跡
- ・ 放射光 X 線を用いた不均一材料の元素選択的な反応解析

ソフトマテリアルや生体材料は、ナノからマイクロに至る広い時空間のスケールで複雑な階層構造を形成しています。量子サイズ効果などの新規な物性や優れた機能を発現するナノ粒子を有機分子や高分子と複合化すると、相分離や自己組織化、化学状態・局所構造変化など時空間のスケールに応じた興味深い現象が生じます。こうしたナノ複合材料の階層構造がなぜ特異な機能を発現するか、どうやってそのような構造を形成するのかを理解することは、新たな複合材料の開発に必要不可欠です。私たちはハイブリッドナノ材料の構造と機能の相関を正しく理解するために、構造形成過程や熱・光・応力など外場下における原子の化学状態・構造・ダイナミクスを、高輝度放射光 X 線を用いてマルチスケールで可視化しています。階層的な物質構造化学を深化させ、新奇な機能を担う新原理の発見を目指します。



次世代放射光を用いた動的時空間階層構造評価技術の確立と展開



(SRIS と兼務)

教授 西堀 麻衣子 Maiko NISHIBORI

放射光 X 線分析を用いた機能材料の特性発現メカニズムと構造形成ダイナミクスの解明

✉ maiko.nishibori.d8@tohoku.ac.jp



(SRIS と兼務)

講師 大山 祥千子 Sachiko OHYAMA

先端放射光計測によるナノスケールの構造・機能相関の多元的可視化



(SRIS と兼務)

助教 二宮 翔 Kakeru NINOMIYA

X 線イメージングとスペクトルシミュレーションを用いた不均一材料中ナノ構造体の形成過程

局所構造・組成・物性

ナノ構造・組織・化学状態

放射光 X 線

放射光 X 線による 機能材料科学の革新

放射光機能材料計測研究分野

専門分野・キーワード

オペランド計測 / ナノテラス / X 線分光 / X 線光学 / 軟 X 線顕微鏡

主な研究テーマ

- ・ 3 GeV 高輝度放射光施設 NanoTerasu の利活用
- ・ X 線オペランド計測法の開発及び機能材料への応用
- ・ 次世代半導体微細露光機用軟 X 線光学素子の開発
- ・ 次世代半導体素子の軟 X 線顕微鏡への応用

ナノ構造・組織・化学状態

放射光 X 線



Fig. 1. NanoTerasu

本研究分野は、最先端放射光 X 線を用いて材料の機能発現メカニズムを解明し、新機能性材料の設計指針を確立することを目指としています。この目標を実現するために、NanoTerasu (Fig. 1) をはじめとする最先端 X 線光源の特性を活かすための光学素子・光学技術・新規計測法の開発を行っています。特に最近では、触媒や電池

などの材料が動作している最中を直接計測可能な「オペランド（動作中）」計測法の開発に力を入れています。また、私達が独自に開発を行ってきた多層膜ミラーなどの軟 X 線光学素子を次世代半導体微細露光機や軟 X 線顕微鏡に応用する研究を行っています。



(SRIS と兼務)

教授 山本 達 Susumu YAMAMOTO

放射光 X 線オペランド計測による触媒表面科学の開拓

✉ susumu@tohoku.ac.jp



(SRIS と兼務)

准教授 江島 丈雄 Takeo EJIMA

軟 X 線相関顕微鏡の開発とその生物細胞観察応用



(SRIS と兼務)

助教 羽多野 忠 Tadashi HATANO

軟 X 線多層膜結像ミラーの開発

先進的な光科学技術と物質科学を駆使した 分野横断的な研究

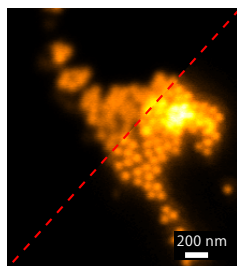
光物質科学研究分野

専門分野・キーワード

レーザー／光イメージング／レーザープロセス／電子光学

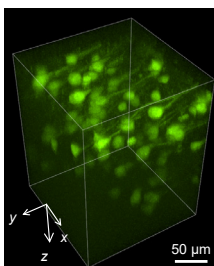
主な研究テーマ

- ・空間構造を持つ光の発生とビーム特性の解析
- ・空間構造を持つ光による高性能イメージング技術・新規レーザー加工法の開発
- ・フェムト秒パルスレーザー加工
- ・レーザー光と電子の相互作用

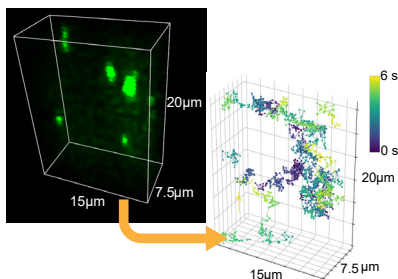


偏光制御による
微小集光スポット

ベクトルビーム
超解像顕微鏡



生体試料の
迅速な3次元可視化



水中ナノ粒子(200 nm)のリアルタイム
3次元イメージング/粒子トラッキング

光ニードル顕微鏡法による高速3次元イメージング
(ニードルスポットの1回の2次元走査から3次元像を瞬時に取得)

イメージング

レーザー

レーザーを含む光波を使った光技術は多くの研究分野における技術基盤であると共に、最先端の科学研究を牽引する原動力でもあります。我々は、レーザー光源や光波制御などに関する先進的な光科学/フォトニクス技術の開発を進めながら、これらを基軸として光と物質との関わりに主眼を置いた新しい物質科学研究への展開を目指しています。現在は、光（電磁波）の振幅や位相、偏光、さらには時間波形などの本質的なパラメータに対

する空間的・時間的な“構造”に着目し、その空間的な制御によって発現する新しい光特性の開拓と応用を中心とした研究に取り組んでいます。具体的には、構造化した光波の特性を駆使した高速な3次元光イメージングや超解像顕微鏡などの光計測技術の開発、フェムト秒パルスレーザー光によるレーザー微細加工における新しい加工法の開発、光と電子の相互作用に基づく電子ビームの波面制御に関する研究などを推進しています。



教授 小澤 祐市 Yuichi KOZAWA

構造化した光の発生と応用研究

✉ y.kozawa@tohoku.ac.jp



助教 上杉 祐真 Yuuki UESUGI

光による電子ビーム制御法の開発

助教 田辺 綾乃 Ayano TANABE

超短パルスレーザー光による材料加工

(SAKURA)

量子ビームの位相で観る

量子ビーム計測研究分野

専門分野・キーワード

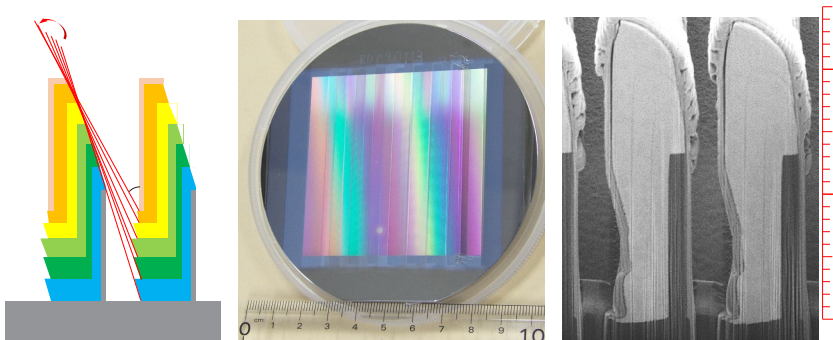
イメージング / X線 / 位相計測 / 三次元計測

主な研究テーマ

- ・ 干渉光学に基づく位相計測法の開拓
- ・ X線および中性子の位相イメージング法の開拓とその応用
- ・ 動的X線位相画像計測による機能イメージング法の開発
- ・ X線位相差顕微鏡／トモグラフィの開発
- ・ デコヒーレンス型極小角X線散乱イメージング法の開拓とその応用

イメージング

放射光X線



斜め蒸着法で開発した中性子位相イメージング用高アスペクト比 Gd 大型格子

X線などの量子ビームは、原子スケールから日常スケールまで、幅広い範囲で物質の内部構造を可視化するために使われています。ただし、例えばX線の場合、高分子材料、軽金属、あるいは生体軟組織など、比較的軽い元素で構成される物体に対して十分なコントラストが得られないという問題があります。ところが、波としてのX線の性質に基づく位相コントラストを生成・利用すれば、

この問題は緩和され、量子ビームの利用価値は桁違いに膨らみます。本研究室では、X線位相計測に基づく高感度画像計測技術を創始し、従来の常識を覆す数々の成果を世界に発信してきました。量子ビーム物理の基礎に立脚し、他では実現できない実験環境構築と先端計測研究を推進するとともに、実用展開を視野に入れた産業界との共同研究も行っています。



教授 百生 敦 Atsushi MOMOSE

X線位相イメージング手法の開拓

✉ atsushi.momose.c2@tohoku.ac.jp



准教授 関 義親 Yoshichika SEKI

中性子・X線位相計測法の開発

4D 世界のフロンティアを拓く

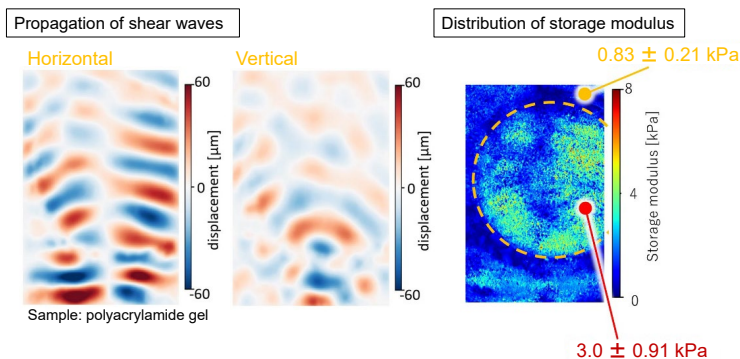
量子フロンティア計測研究分野

専門分野・キーワード

量子ビーム光学 / 計測 / データサイエンス / マイクロ・ナノファブリケーション

主な研究テーマ

- ・ミリ秒 X 線 CT の開発
- ・X 線エラストグラフィの開発
- ・イメージングと構造解析の融合技術の開発
- ・量子ビーム光学素子・システムの開発
- ・量子現象を利用したイメージング技術のフロンティアの開拓



ずり弾性波伝播の可視化による X 線エラストグラフィ
Appl. Phys. Express, 13, 042004 (2020).

私たちは三次元 (3D) + 時間という「4D の世界」に生きていますが、マイクロメートル以下かつミリ秒以下の 4D 時空間領域には、最先端の計測テクノロジーでもアクセスできない広大な未知の世界が広がっています。本研究分野では、X 線などの高エネルギービームの量子性と、先端的なマイクロ・ナノファブリケーション技術、データサイエンス技術を駆使することにより、従来の限界を飛躍的に超える新たなイメージング技術を開発し、

未開の 4D 世界の開拓に挑んでいます。

本研究分野で開発しているイメージング技術は、物質・生命科学における様々な非可逆・非平衡系（例えば、流動性のある材料や、生きた生物など）の新たな理解につながるだけでなく、持続可能社会の実現に向けた材料・マイクロマシンシステム開発や、病変の早期発見につながる医療診断機器の開発、延いては生物の脳の機能解明など、一般社会にも多様な波及効果を生むと期待しています。



(SRIS と兼務)

教授 矢代 航 Wataru YASHIRO

量子ビームイメージング法の開発

✉ wataru.yashiro.a2@tohoku.ac.jp



助教 亀沢 知夏 Chika KAMEZAWA

X 線エラストグラフィ法の開発

イメージング

放射光 X 線

電子コンプトン散乱を利用した物質の静的および動的性質の可視化

量子電子科学研究分野

専門分野・キーワード

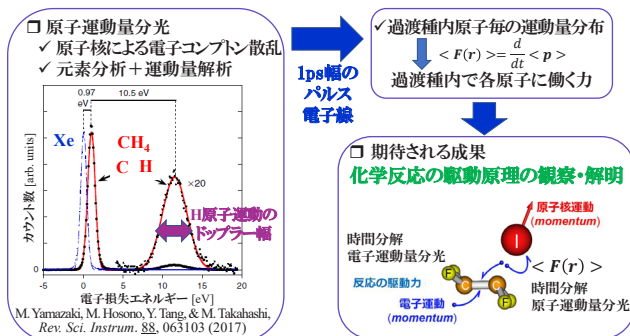
分子科学 / 原子衝突物理学 / 運動量空間化学 / 化学反応動力学

主な研究テーマ

- ・ 反応過渡系の電子および原子核運動のイメージングと化学反応の駆動原理の可視化
- ・ 分子軌道の運動量空間イメージングと分子振動による電子波動関数形状の歪みの研究
- ・ 原子運動量分光による原子核の分子内運動のイメージングと分子内力場の研究
- ・ 運動量空間化学の開拓とその創薬研究への展開
- ・ 多次元同時計測分光による電子・分子衝突の立体ダイナミクス

開発中の時間分解原子運動量分光

■ 反応過渡種内で原子核に働く力の実時間計測



あらゆる物質は2種類の荷電粒子、すなわち電子と原子核から構成されます。したがって、反応性や機能性など物質の多種多様な性質は、物質内での電子の運動と原子核の運動およびそれら運動の協奏に基づく他ありません。当研究室は、そうした最も基本的な観点に立ち、高速電子線を励起源とするコンプトン散乱を駆使した独自の新しい分光法を開発することにより、物質の静的および動的性質の根源的理解と望みの機能の

物質への付与を目指して、以下の三つの課題を中心に研究を進めています。

- (1) 電子コンプトン散乱による電子と原子核の物質内運動のイメージング
- (2) 時間分解電子コンプトン散乱による化学反応の駆動原理の可視化
- (3) 多次元同時計測分光による電子・分子衝突の立体ダイナミクス



教授 高橋 正彦 Masahiko TAKAHASHI

電子衝突を用いた静的および動的分子科学

✉ masahiko@tohoku.ac.jp



准教授 渡邊 昇 Noboru WATANABE

電子散乱分光を用いた分子内電子運動の研究

ナノ・マイクロ空間の化学と分析

ナノ・マイクロ計測化学研究分野

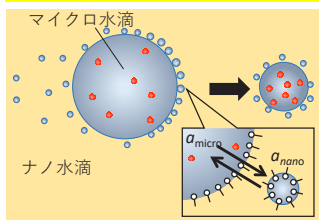
専門分野・キーワード

ナノ・マイクロ分析素子 / 顕微イメージング法 / 界面化学

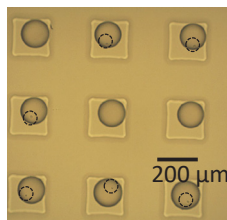
主な研究テーマ

- ・タンパク質凝集核形成のシングルイベント解析
- ・蛍光偏光分光装置の開発とワンステップイムノアッセイ法
- ・マイクロ水滴を用いるバイオアッセイ法

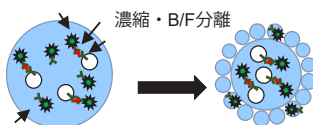
反応・物質輸送の界面化学



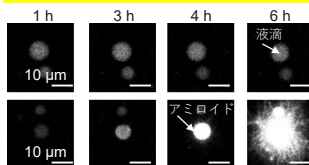
単一細胞解析



1ステップ・バイオアッセイ



タンパク質凝集核形成解析



ナノ・マイクロ空間を利用した化学・生化学の集積化と高度化に関する研究分野開拓を中心に研究を進めます。生体・環境・食品・工業プロセスなどを対象とした簡便分析・自動分析などの実現が期待できます。また、単一細胞を対象とする分析、単一分子レベルでの分析など、他の手法からは得られない情報を計測するデバイス・計測技術実現

に挑戦します。このような新しい技術のためには、空間制約下での化学反応・界面現象などの特性を明らかにする基礎化学研究が必要になります。そのためのツールとして、マイクロ流体実験装置や、顕微イメージング法など他に例のない高度計測手法の開発を進めます。



(兼) 教授 笠井 均 Hitoshi KASAI
次世代ナノ薬剤の創出



准教授 福山 真央 Mao FUKUYAMA
マイクロメートルサイズの界面を利用した微量分析化学操作の開発
✉ maofukuyama@tohoku.ac.jp