

# 凝縮系物性研究部門

Division of Condensed Matter Science

高温超伝導体、有機超伝導体、グラフェン、トポロジカル絶縁体など、「新物質」の発見が物質科学の新しい局面を切り拓いた例は枚挙に暇がない。また超伝導や量子ホール効果などの予期せぬ現象は、極低温、高圧、強磁場といった「極限環境」において見だされてきた。凝縮系物性研究部門では、新しい物質系の探索と極限環境を用いた精密測定を組み合わせることにより、新しい物質観につながる物性現象を発見し解明することを目標としている。

当部門を構成する研究室は、自由な発想のもとに、新物質や高品質試料の作製や、極限環境での精密な電氣的・磁氣的・熱的測定を行っている。有機伝導体、原子層（二次元）物質、トポロジカル物質などの多様な物質を対象に、電子相関、フラストレーション、対称性、トポロジー、分子自由度などが協奏して現れる多彩な現象の解明に取り組んでいる。

Discoveries of new materials, for example, high temperature superconductors, organic superconductors, graphene, and topological insulators, have often opened new horizons in materials science. Application of extreme conditions of low temperature, high pressure, and high magnetic field have also revealed various unexpected properties of matters, such as superconductivity and quantum Hall effect. The goal of the Division of Condensed Matter Science is to uncover novel phenomena that lead to new concepts of matter, through combining the search for new material and the precise measurements under extreme conditions.

Each group in this division pursues its own research on synthesis of new materials and high quality samples, or on precise measurements of electric, magnetic, and thermal properties, based on their own free ideas. Their main subject is to elucidate various phenomena which emerge as a concerted result of electron correlation, frustration, symmetry, topology, and molecular degrees of freedom, in various materials such as organic conductors, atomic layer (two-dimensional) materials, and topological materials.

---

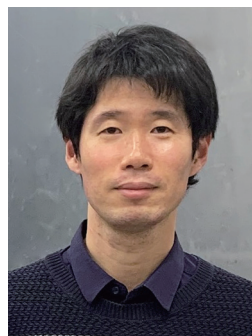
部門主任 山下 穰  
Leader YAMASHITA, Minoru

---

## 井手上研究室 Ideue Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 2次元原子層物質の対称性制御を基軸とした新奇物性探索  
Exploration of novel physical properties based on symmetry control of two-dimensional materials
- 2 原子層物質における量子状態測定  
Measurement of quantum states in atomic layer materials
- 3 整流現象：非相反伝導現象、超伝導ダイオード効果、バルク光起電力効果  
Rectification effect: Nonreciprocal transport, superconducting diode effect and bulk photovoltaic effect
- 4 原子層物質の相制御：磁性や超伝導、トポロジカル状態の制御等  
Phase control of atomic layer materials: Control of magnetism, superconductivity, topological states, etc.



准教授 井手上 敏也  
Associate Professor IDEUE, Toshiya

専攻 Course

工学系物理工学

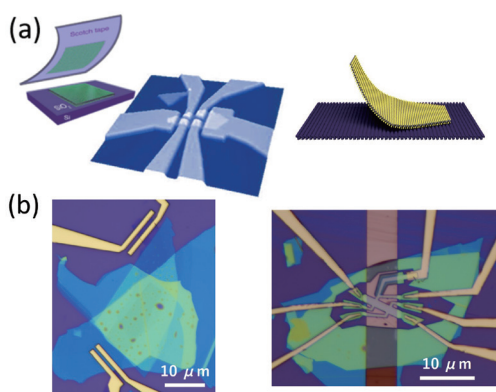
App. Phys., Eng.



助教 田中 未羽子  
Research Associate  
TANAKA, Miuko

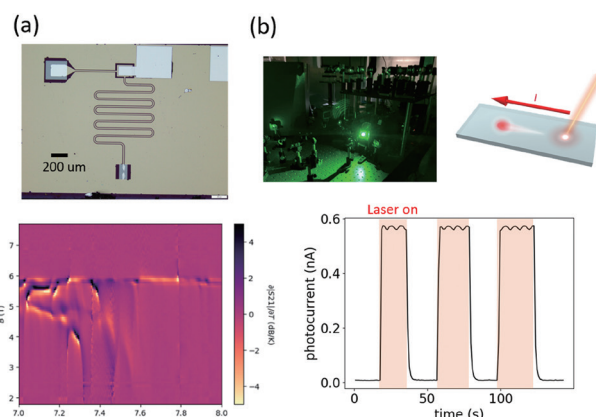
原子層数層からなる2次元物質は物質科学の新しい舞台として近年大きな注目を集めている。これらは3次元結晶にはないユニークな物性を示すことに加え、デバイス化や電場・磁場・圧力などの外場印加、電気化学的手法、曲率構造やヘテロ界面 / 捻り積層界面の作製等によって物質の構造や電子状態、対称性を自在に制御可能であり、それを反映した特徴的機能性を創出することができる。本研究室では、そのような2次元原子層物質特有の電気伝導特性や超伝導物性、光学特性の発見と理解によって、物質科学のフロンティアを開拓することを目指している。電荷やスピン、励起子といった様々な量子自由度の整流効果や量子相制御、高周波を用いた量子測定に取り組んでいる。

Atomically thin two-dimensional materials have recently attracted significant attention as a new materials platform. In addition to the unique physical properties, which are absent in bulk three-dimensional materials, we can freely control the structures, electronic states and symmetries of two-dimensional materials and realize the emergent functionalities by device fabrication, application of the external pressure or electric/magnetic field, electro-chemical gating method, and making van der Waals hetero/twisted interfaces or curved nanostructures. We are exploring novel transport phenomena, superconducting properties, and optical properties in these two-dimensional materials and pioneering the frontier of material science. We are aiming at controlling the various quantum degree of freedoms or elementary excitations in two-dimensional materials (charge, spin, lattice, exciton, superconducting vortex etc.), realizing exotic quantum functionalities such as quantum rectification effect (nonreciprocal transport, superconducting diode effect, and bulk photovoltaic effect) and quantum phase control (electric-field-induced superconductivity, topological phase transition, magnetic order control), and also developing new quantum measurement techniques using microwave.



2次元原子層物質の制御とデバイス作製。(a) 劈開法による薄膜化と転写法による積層構造の作製。(b) 面直接合デバイスと電界効果デバイスの顕微鏡写真。

Controllability of two-dimensional materials and device fabrications. (a) Thin film device and van der Waals interface made by exfoliation, transfer and stacking techniques. (b) Pictures of vertical junction device and field-effect device.



(a) マイクロ波共振器と原子層物質の結合デバイスと共鳴モード (b) 顕微光学応答測定系と原子層物質ナノにおける光電流。

(a) Microwave resonator coupled with two-dimensional material and observed resonance mode. (b) Optical measurement system and photocurrent response in two-dimensional materials.

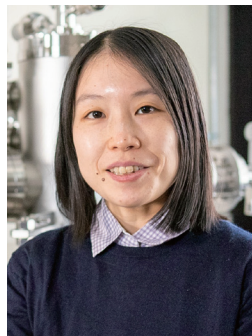




# 高木研究室 Takagi Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 多軌道強相関電子系における新物性探索  
Search for new properties in multi-orbital strongly correlated electron systems
- 2 トポロジカル構造にまつわる機能性の開拓  
Functionality related to topological magnetic structures
- 3 分子軌道を起点とした電子相の設計・解明  
Design and elucidation of novel electronic phases based on molecular orbitals



准教授 高木 里奈  
Associate Professor TAKAGI, Rina

専攻 Course

新領域物質系

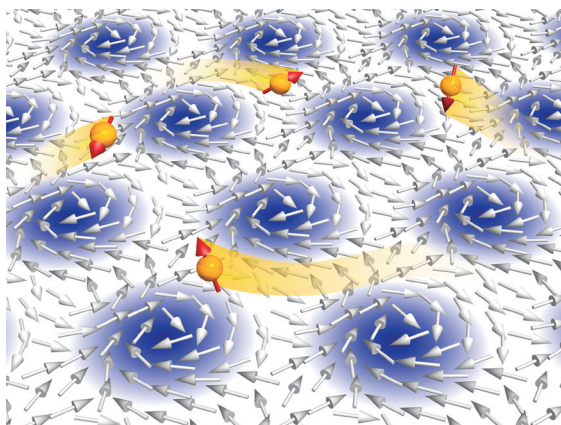
Adv. Mat., Frontier Sci.



助教 浦井 瑞紀  
Research Associate  
URAI, Mizuki

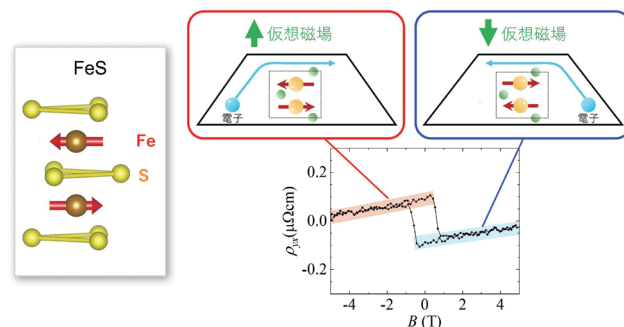
物質中に存在する多数の電子が強く相互作用する系では、化学的性質（元素の種類や結晶構造）や物理的環境（温度・磁場・圧力）を僅かに変化させることで様々な電子相が発現する。本研究室では、物質合成、磁化や電気伝導などマクロな物性測定、そして散乱実験や核磁気共鳴など微視的な実験手法を駆使し、電子が持つ電荷・スピン・軌道自由度が織りなす相転移現象やトポロジカル構造の研究を行っている。特に結晶中の分子軌道に着目することにより、現象の背後にある物理の解明と新しい電子物性の設計を目指す。研究対象は、遷移金属化合物や希土類合金などの無機結晶に加え、有機分子からなる分子性導体など幅広い物質を扱っている。具体的には、トポロジカル磁気構造にまつわる新物性・機能性の開拓、分子性導体における圧力下新奇電子相の探索などを進めている。

In strongly correlated electron systems, various electronic phases can be generated by slightly changing chemical properties (element type and crystal structure) or the physical environment (temperature, magnetic field, and pressure) of the matter. Our group is interested in electronic phase transitions and topological structures, in which charge, spin, and orbital degrees of freedom interact with each other. By combining material synthesis, macroscopic measurements of physical properties such as magnetization and electrical conduction, and microscopic techniques such as scattering experiments and nuclear magnetic resonance, we aim to elucidate the physics behind the phenomena and to design new electronic properties, especially by focusing on molecular orbitals in crystals. Our research targets cover a wide range of materials, including inorganic crystals such as transition metal compounds and rare earth alloys, as well as molecular conductors. Specifically, we are exploring new properties and functions related to topological magnetic structures, and novel electronic phases in molecular conductors under pressure.



多軌道強相関電子系において伝導電子が媒介する磁気相互作用によって生じるトポロジカル磁気構造の概念図。

Schematic of topological magnetic structure generated by magnetic interactions mediated by conduction electrons in a multi-orbital strongly correlated electron system.



磁性半導体の FeS では、反平行スピン配列が誘起する仮想磁場によって室温で異常ホール効果が生じることを見出した。

In the magnetic semiconductor FeS, a fictitious magnetic field induced by the antiparallel spin arrangement gives rise to anomalous Hall effect at room temperature.



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/takagi\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/takagi_group.html)

## 森研究室 Mori Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 分子の自由度を生かした新規有機(超)伝導体およびプロトン伝導体の開発と機能性研究  
Development and studies of structural and physical properties for novel organic (super)conductors and proton conductors based upon molecular degree of freedom
- 2 固体中で電子がプロトン運動と協奏した有機伝導体、金属錯体、誘電体の開発と機能性研究  
Development and studies of structural and physical properties for electron-proton coupled molecular functional materials
- 3 分子性物質の外場(磁場、電場、温度、圧力)応答の研究  
Studies of responses by external stimuli (magnetic and electric fields, temperature, pressure) for molecular materials
- 4 有機電界効果トランジスタの研究  
Study of organic field effect transistor



教授 森 初果  
Professor MORI, Hatsumi

専攻 Courses

理学系化学 新領域物質系

Chem., Sci. Adv. Mat., Frontier Sci.

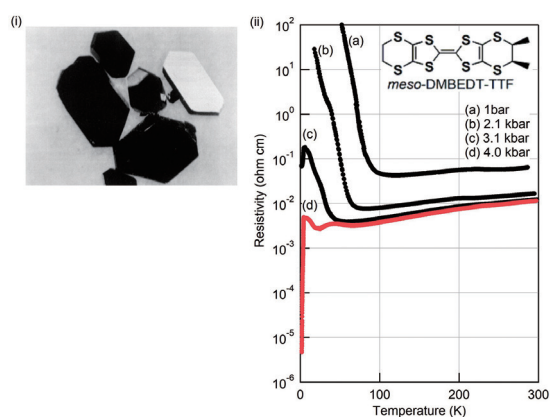


助教 藤野 智子  
Research Associate  
FUJINO, Tomoko

本研究室では、内部自由度をもつ分子が凝縮した分子性物質を対象とし、特異な機能性として電子・プロトン伝導性、磁性、誘電性、その圧力・電場による外場応答性、電界効果トランジスタ特性等の開拓を行っている。これら新分子性機能物質の開発は、塗布型有機伝導体や燃料電池の電解質など、有機エレクトロニクスを支える材料、デバイスの基盤研究となっている。

分子性物質の魅力は、1) 設計・制御可能であること、2) 電子間クーロン相互作用が大きく、電子の波動性と粒子性が競合すること、3) 柔らかいため、特異な外場応答性を発現することなどが挙げられる。

森研究室では、新しいモット型  $\kappa$ -ET<sub>2</sub>Cu(NCS)<sub>2</sub> および電荷秩序型  $\beta$ -(*meso*-DMBEDT-TTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub> 有機超伝導体(左図)を発見し、物性研究を行った。さらに最近では、水素結合プロトンと伝導電子が動的に連動して、伝導性と磁性の切り替え現象を示す純有機伝導体(右図)を開発した。



新規有機超伝導体: (i) モット型  $\kappa$ -ET<sub>2</sub>Cu(NCS)<sub>2</sub> の単結晶と (ii) 電荷秩序型  $\beta$ -(*meso*-DMBEDT-TTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub> の電気抵抗の圧力依存性。

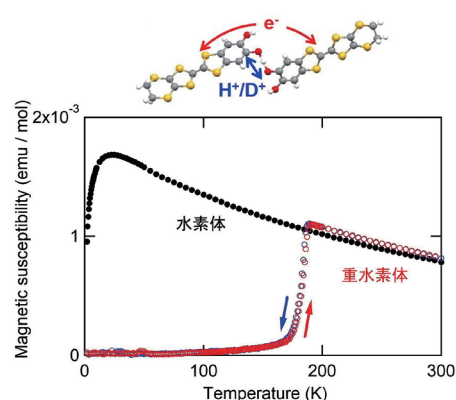
Novel organic superconductors: (i) single crystals of Mott-type  $\kappa$ -ET<sub>2</sub>Cu(NCS)<sub>2</sub> and (ii) electrical resistivities under pressures for charge-ordered-type  $\beta$ -(*meso*-DMBEDT-TTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub>.

Materials science has made great progress with the discovery of new materials that give us new concepts.

In this laboratory, we are focusing on molecular materials, which are condensed molecules with internal degrees of freedom, and exploring their unique functionalities such as electron and proton conductivities, magnetism, dielectricity, external field response due to their pressure and electric fields, and field-effect transistor properties. The development of novel functional molecular materials has become the basic research for materials and devices that support organic electronics, such as coated organic conductors and electrolytes for fuel cells.

Molecular materials are attractive because 1) they can be designed and controlled, 2) the Coulomb interaction between electrons is large, and the wave and particle properties of electrons compete with each other, and 3) they are soft, so they exhibit unique external field responses.

In Mori's group, we discovered and studied the properties of the new Mott-type  $\kappa$ -ET<sub>2</sub>Cu(NCS)<sub>2</sub> and charge-ordered  $\beta$ -(*meso*-DMBEDT-TTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub> organic superconductors (left figure). More recently, we have developed a pure organic conductor (right figure) in which hydrogen-bonded protons and conduction electrons are dynamically concerted, exhibiting a switching phenomenon between conductivity and magnetism.



伝導電子と水素結合プロトンが相関する純有機伝導体  $\kappa$ -X<sub>3</sub>(Cat-EDT-TTF)<sub>2</sub> (X = H, D) において、大きな重水素効果により高温で伝導性および磁性が切り替わる。

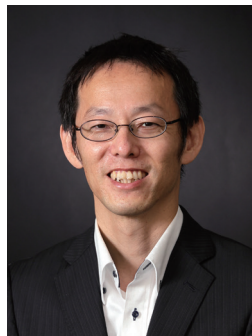
Switching behavior of electrical resistivity and magnetism due to large deuterium isotope effect in proton-electron correlated purely organic conductors  $\kappa$ -X<sub>3</sub>(Cat-EDT-TTF)<sub>2</sub> (X = H, D).



# 山下研究室 Yamashita Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 超低温における強相関電子系の研究  
Study of strongly correlated-electron systems at ultralow temperatures
- 2 絶縁体における非荷電励起の熱ホール効果  
Study of thermal Hall effects of charge-neutral excitations in insulators
- 3 NMR を用いた多極子秩序の研究  
Multipole orders studied by NMR measurements



准教授 山下 稔  
Associate Professor YAMASHITA, Minoru

専攻 Course

新領域物質系

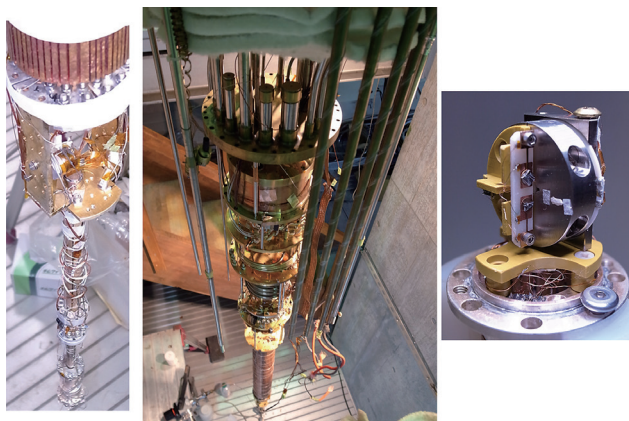
Adv. Mat., Frontier Sci.



助教 武田 晃  
Research Associate  
TAKEDA, Hikaru

温度の下限である絶対零度では全ての物質は凍りついてしまっており、何も面白い現象は無いように思われる。ところが、1 ケルビンという低温領域で金属の電気抵抗が突然 0 になるという超伝導現象が発見されたのを契機に、液体ヘリウムの超流動転移、希薄アルカリ気体のボース凝縮など様々な量子凝縮相が極低温で発見された。室温では熱揺らぎに隠れてしまっていて見えない、多彩で不思議な物理現象が低温領域に隠れていたわけである。

当研究室ではこのような量子凝縮現象に興味を持ち、低温までの精密測定によってその物性を明らかにする研究を行っている。特に、電子系研究が全く行われてこなかった 20 mK 以下の超低温領域における量子臨界現象、超伝導現象の解明に力を入れている。さらに、絶縁体中のフォノンやスピンなどの非荷電励起の示す熱ホール効果や NMR 測定を用いた多極子秩序の研究に力を入れて研究を進めている。

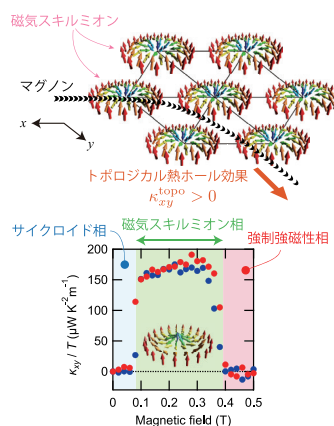


物性研の核断熱消磁冷凍機。超低温 (1 mK)・高磁場 (10 T) の実験が可能。左下挿図が実験空間拡大写真。右下挿図が超低温トルク測定用カンチレバー。

The ultralow temperature cryostat at ISSP. Nuclear demagnetization cooling enables experiments down to 1 mK under a magnetic field up to 10 T. The lower left picture is an enlarged view of the experimental space. The lower right picture shows a cantilever cell for torque measurements.

What happens when materials are cooled down close to absolute zero temperature? It sounds a boring question because everything freezes at  $T = 0$ . It is NOT true, however, because quantum fluctuations persist even at absolute zero temperature. The richness of low-temperature physics was first demonstrated by Heike Kamerlingh Onnes at 1911, who was the first to liquify Helium and reached  $\sim 1$  K. He discovered that the resistance of mercury suddenly vanished at low temperature. Followed by this discovery of the superconducting transition, many amazing quantum phenomena – superfluid transition of Helium, Bose-Einstein condensations of Alkali Bose gases – were found at low temperatures.

We are interested in these quantum condensed states at low temperatures where the thermal fluctuations are negligible. Especially, we are now challenging measurements of correlated electron systems at ultralow temperatures (below 20 mK) where many interesting phenomena have remained unexplored due to technical difficulties. Further, we are studying thermal Hall effects of charge-neutral excitations (phonons and spins) in an insulator, as well as detecting multipole orders by NMR measurements.



(上) 磁気スカイrmion格子によるマグノンに対するトポロジカルホール効果の模式図。(下) 熱ホール伝導率の磁場依存性。磁気スカイrmion相でのみ、有限の熱ホール伝導率が観測された。

(Top) a schematic illustration of the topological thermal Hall effect of magnons in the lattice of magnetic skyrmions. (Bottom) the magnetic field dependence of the thermal Hall conductivity that sharply appears in the magnetic skyrmion phase (green), but disappears in the cycloidal (blue) and the forced-ferromagnetic (pink) phases.



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/yamashita\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/yamashita_group.html)





# 物性理論研究部門

## Division of Condensed Matter Theory

物性理論研究部門では、物性研究の最先端分野の理論研究に積極的に取り組んでいる。物性物理学では理論研究が重要な役割を果たしており、マクロからミクロまでのさまざまな階層における理論研究によって、実験結果から新しい物理現象を見出したり、新しい物理現象の予言を行ったりすることが可能となる。物性研究のブレークスルーには、新しい発想に基づく研究が、既存の理論を発展させ予測能力を高めるような継続的な研究に加えて必要不可欠である。本部門は3つの研究室、および、量子物質研究グループ・機能物性研究グループ・附属物質設計評価施設を兼務する6つの研究室から構成される。他部門・施設の理論研究室とともに、解析手法に基づく基礎理論からスーパーコンピュータを用いる大規模数値計算にいたるまで、多様な理論手法を駆使して物性物理における最先端の研究課題に取り組んでいる。また、研究所内外の実験グループとの連携も積極的に進めている。

The Division of Condensed Matter Theory is actively engaged in theoretical research on the cutting-edge topics in condensed matter physics. Theoretical studies play a crucial role in condensed matter physics: those studies at various levels extract new discoveries from experimental results, and novel theoretical predictions also start as well as boost experimental works. For achieving a breakthrough in the condensed matter physics, the research based on novel ideas is essential and indispensable, in addition to continuous research for increasing the predictive power based on existing theories. This division now consists of three groups and six other groups of concurrent members. Together with other theoretical groups, the activity of this division covers various theoretical studies from basic theory based on analytical methods to large-scale state-of-art numerical computation using supercomputers, and actively develops the theory for forefront research subjects in the condensed matter physics. Discussions and collaborations are also actively pursued with experimental groups inside and outside ISSP.

---

部門主任 加藤 岳生  
Leader KATO, Takeo

---

# 加藤研究室 Kato Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 メゾスコピック系の量子輸送現象  
Quantum transport phenomena in mesoscopic systems
- 2 スピントロニクス素子の基礎理論  
Fundamental theory of spintronic devices
- 3 固体中の非平衡特性と輸送特性  
Nonequilibrium and transport properties in solids



准教授 加藤 岳生  
Associate Professor KATO, Takeo

専攻 Course  
理学系物理学  
Phys., Sci.



助教 佐野 涼太郎  
Research Associate  
SANO, Ryotaro



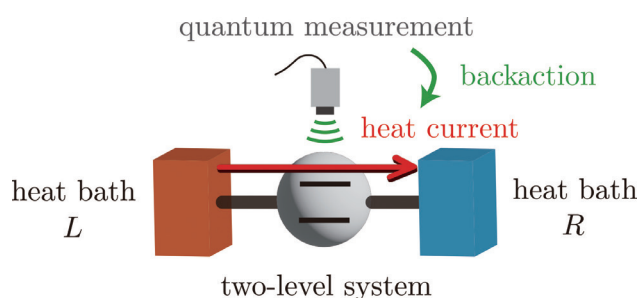
助教 藤井 達也  
Research Associate  
FUJII, Tatsuya

当研究室では、メゾスコピック分野およびスピントロニクス分野において、輸送特性に関する理論研究を幅広く展開している。メゾスコピック系の研究では、電子の量子力学的な性質に注目し、古くから研究が行われてきた。現在も、非平衡多体现象、非平衡ノイズ、強外場駆動現象など、新たな現象を積極的に追求している。スピントロニクス分野では、電流や熱とスピンの変換現象を中心に、多様なスピン輸送現象が研究されている。

当研究室では、これらの進展に対応するために、非平衡統計力学、場の量子論、多体電子論など、幅広い理論手法を活用している。具体的な研究事例としては、磁性体・金属界面でのスピン輸送と非平衡緩和現象、分数量子ホール効果におけるエニオン輸送特性、そして光による固体内のスピン流生成などがある。また、物性研究所内の実験グループとも緊密な共同研究を進めている。

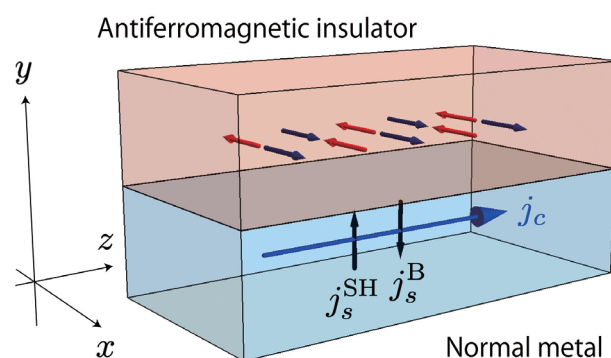
Our laboratory is engaged in extensive theoretical research on transport properties in the fields of mesoscopic and spintronics. Research on mesoscopic systems has long focused on the quantum mechanical properties of electrons. We are still pursuing new phenomena such as non-equilibrium multi-embodiment phenomena, non-equilibrium noise, and strong external field-driven phenomena. In the field of spintronics, various spin transport phenomena are being studied, mainly in current and heat/spin conversion phenomena.

In order to respond to these developments, our laboratory utilizes a wide range of theoretical approaches, including non-equilibrium statistical mechanics, quantum field theory, and many-body quantum theory. Specific research examples include spin transport at magnetic-metal interfaces, nonequilibrium spin relaxation, the transport properties of anyons in the fractional quantum Hall effect, and the generation of spin current in solids by light. We are also working closely with experimental groups in ISSP.



二つの熱浴と量子連続測定装置に結合した二準位系。二準位系に量子測定を行うと、左のリードから右のリードへの熱流に影響を与える（バックアクション）。

A two-level system coupled to two heat baths and an apparatus for continuous quantum measurement. The quantum measurement of the two-level system affects the heat current from the left to the right lead, which is called backaction.



スピンホール磁気抵抗の模式図。界面でのスピン吸収は反強磁性絶縁体のネールベクトルの向きによって変化し、磁気抵抗の大きさは変化する。

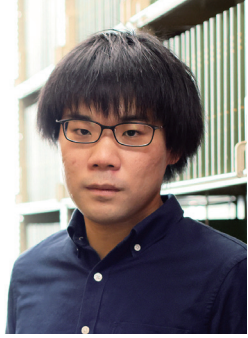
Illustration of spin Hall magnetoresistance. Spin absorption at the interface changes according to the orientation of the Néel vector of the antiferromagnetic insulator, and the magnitude of the magnetoresistance changes.



# 川畑研究室 Kawabata Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 物性理論 (物性基礎論)  
Condensed matter theory
- 2 非平衡系の相分類・相転移  
Nonequilibrium phases of matter
- 3 非平衡統計力学  
Nonequilibrium statistical mechanics
- 4 非エルミート物理  
Non-Hermitian physics

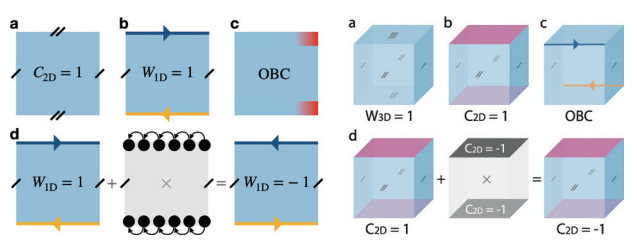
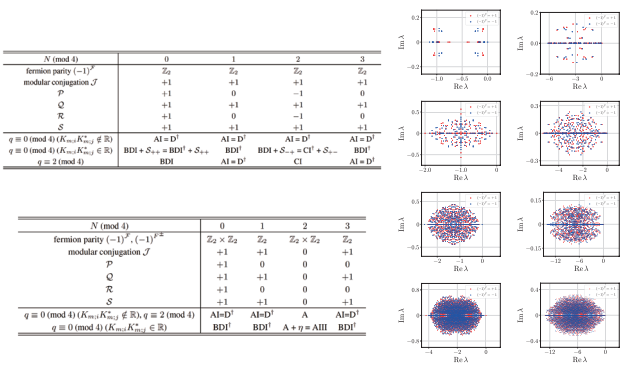


准教授 川畑 幸平  
Associate Professor KAWABATA, Kohei

専攻 Course  
理学系物理学  
Phys., Sci.

近年、孤立平衡系を中心とした従来の物性物理の枠組みを越えて、非平衡開放系で実現される物性物理に大きな関心が集まっている。そのようなめざましい進展にも拘らず、非平衡開放系で現れる物性現象は、重要な問題でさえも、依然として理解が確立していない。また、今後のさらなる発展が期待される量子技術分野において、非平衡開放系の理解はさらに重要性を増していくと考えられる。本研究室では、非平衡開放系で現れる多彩な物性現象をはじめとして、物性理論の新しい基礎を確立することを目指す。最近では、非平衡開放系のトポロジカル相の特徴づけおよび分類、また量子カオスや局在転移について研究し、とくに孤立平衡系に対応物をもたない非平衡開放系に特有の物性現象を探究してきた。対称性やトポロジーといった一般的な概念をもとにして、普遍的であるがゆえに種々の実験を記述および予言するような基礎理論を構築し、新しい物性物理を開拓する。

Recent years have seen remarkable progress in the physics of open quantum systems. In view of the recent rapid development of quantum information science and technology, it seems urgent to develop a general theory of open quantum systems. In our group, we are broadly interested in theoretical condensed matter physics, with a particular focus on nonequilibrium physics, to establish new foundations and principles in contemporary physics. Our recent research highlights topological phases of open quantum systems, as well as dissipative quantum chaos and lack thereof. On the basis of fundamental concepts such as symmetry and topology, we aim to uncover new physics intrinsic to far from equilibrium.



量子開放系の対称性とカオス。散逸下の Sachdev-Ye-Kitaev 模型の対称性にもとづく周期表と複素スペクトル。[PRX Quantum 4, 030328 (2023)]

エルミートなバルクと非エルミートな境界のトポロジカルな対応。トポロジカル絶縁体・超伝導体の表面状態に散逸を加えると、種々の高次トポロジカル現象が生まれる。[PRX Quantum 4, 030315 (2023)]

Symmetry of open quantum systems: Classification of dissipative quantum chaos. Periodic tables of Sachdev-Ye-Kitaev Lindbladians. [PRX Quantum 4, 030328 (2023)]

Hermitian bulk – non-Hermitian boundary correspondence. The interplay of Hermitian topology and dissipation leads to new types of higher-order non-Hermitian topological phenomena. [PRX Quantum 4, 030315 (2023)]



# 常次研究室 Tsunetsugu Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1  $d$  電子、 $f$  電子化合物など強相関電子系の電子状態と異方的超伝導  
Electronic states and unconventional superconductivity in strongly correlated systems with  $d$ - or  $f$ -electrons
- 2 フラストレーション系の統計力学  
Statistical physics of frustrated systems
- 3 量子磁性体の新奇量子相の理論  
Theory of novel phases in quantum magnets
- 4 量子系の非平衡ダイナミクス  
Nonequilibrium dynamics of quantum systems



教授 常次 宏一  
Professor TSUNETUGU, Hirokazu

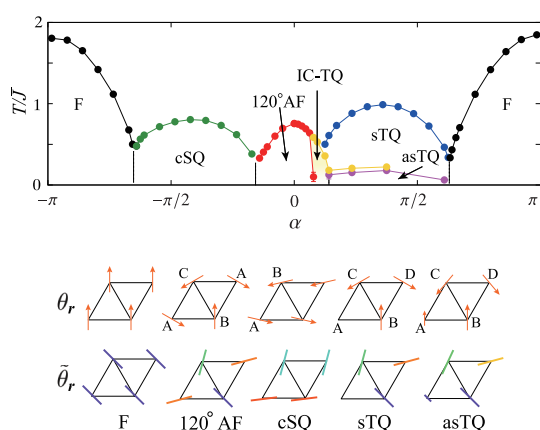
専攻 Course  
理学系物理学  
Phys., Sci.

遷移金属化合物、希土類・アクチノイド化合物などの電子間クーロン相互作用が強い強相関電子系の物性の理論を研究している。これら強相関電子系においては、低温で新奇な磁性状態や異方的超伝導、密度波などの多種多様な物性が出現する。これらの複雑な物性の統一的理解を目標とするとともに新しい現象の発見を目指している。

主なテーマは、フラストレーション系や強磁性超伝導体などのスピン・電荷・軌道の複合自由度を持つ系における新しいタイプの量子秩序や量子ゆらぎである。秩序と臨界現象の特徴、電子状態や輸送現象をはじめとするダイナミクスがどのような影響を受けるのかを調べている。また、最近はいくつかの結晶構造のもとで新規なフォノンおよび電子物性の研究にも取り組んでいる。

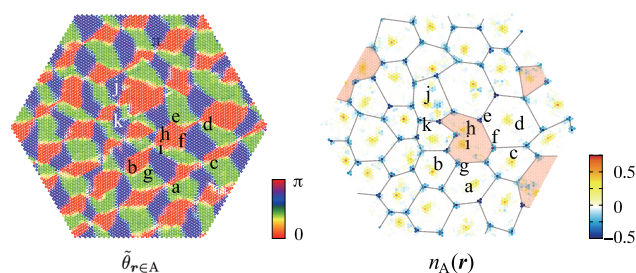
Strongly correlated electron systems, particularly transition metal compounds and rare-earth or actinide compounds are the main subjects of our theoretical research. In these systems, strong electron-electron interactions lead to a variety of interesting phenomena emerging at low temperatures, such as various types of exotic magnetic orders, unconventional superconductivity and density waves. We aim to establish a unified theory for those complex properties and also predict novel phenomena in those systems.

Targets of our recent study include novel types of quantum order and quantum fluctuations in frustrated spin and strongly correlated electronic systems with multiple degrees of freedom such as charge, spin, and orbital. In these systems, many soft modes of fluctuations are coupled to each other, and this affects the nature of quantum phase transitions, as well as electronic states and dynamical properties including transport phenomena. We also study systems with chiral structure and explore novel behaviors of their phonon and electronic properties related to their chirality.



(上) 三角格子 2 成分四極子模型の相図。  $J = \bar{J} \cos \alpha$  と  $K = \bar{J} \sin \alpha$  は隣接四極子間の等方的 / 異方的相互作用。(下) 秩序相の四極子構造。  $\theta_r$  は四極子の向き、  $\bar{\theta}_r = -\theta_r/2$  はディレクターの向き。

(top) Phase diagram of two-component quadrupoles in a triangular lattice.  $J = \bar{J} \cos \alpha$  and  $K = \bar{J} \sin \alpha$  are isotropic and anisotropic couplings of neighboring quadrupoles. (bottom) Quadrupole configurations in the ordered phases.  $\theta_r$  is the direction of local quadrupole moment, while  $\bar{\theta}_r = -\theta_r/2$  is the corresponding director direction.



(左) IC-TQ 相の A 副格子ディレクターの瞬間配置は 3 種のドメインに分裂。(右) ディレクター渦度  $n_A(r)$  は渦格子を形成し、朱色の部分に存在する転位がコステリッツ・サウレス転移の出現を示唆。

(left) Snapshot of director directions on A-sublattice sites in the IC-TQ phase. The system is divided to three types of domains. (right) Local vorticity  $n_A(r)$  of A-sublattice directors shows a distorted vortex lattice pattern. Dislocations exist at the vermilion polygons indicating an appearance of Kosterlitz-Thouless transition.





# ナノスケール物性研究部門

Division of Nanoscale Science

ナノスケール物性研究部門では、様々な低次元ナノスケールデバイスや材料を対象として研究を行っている。電子ビームリソグラフィーや集束イオンビーム加工を用いたり、薄膜成長中に自発的に形成させたり、原子レベルで秩序だった表面へナノスケールレベルの層を堆積させる手法などを利用してナノスケールの材料や電子デバイスを作製している。これらの材料は、走査型プローブ顕微鏡を用いた表面の空間分解物性研究や、低温輸送・磁気輸送技術により特性評価を行っている。最近では、ナノスケールの材料やデバイスの開発と量子計測法を組み合わせることで、新しい微細加工ができる施設を物性研究所内に設置した。この施設では、当研究所の微細加工・分析ツールを活用し、低温や高磁場などでの様々な量子計測に適したデバイスの作製を支援している。最近の研究テーマとしては、ヘテロ構造におけるスピン変換の探索、それをもとにしたスピントロニクスデバイスの開発や、単結晶表面に形成されたナノ構造における超伝導やトポロジ状態の走査プローブによる解明、自己組織化ナノ構造体の創成や量子コンピュータのための新規な構成体の開発などがある。

The Division of Nanoscale Science brings together laboratories working on a variety of low-dimensional nanoscale devices and materials. The nanoscale systems that we study are built either by fabricating nanoscale electronic devices, typically by electron beam lithography or focused ion beam milling, or formed spontaneously during thin film growth or by deposition of nanoscale layers on atomically well-ordered surfaces. We use scanning probe microscopes for spatially-resolved physical property studies on surfaces and a variety of low-temperature transport and magnetotransport techniques for materials characterization and property analysis. We have recently started a new microfabrication facility for combining nanoscale materials and device studies with quantum measurement methods available at ISSP. The facility helps researchers to utilize the microfabrication and analytical tools in our laboratories to prepare suitable device structures for a variety of quantum measurements at low temperatures, high magnetic fields, etc. The recent research topics include studies on the exploration of spin-to-charge current conversion phenomena at interfaces and heterostructures, development of spintronic devices, scanning-probe studies of superconductivity and topological states in nanostructures formed on single crystal surfaces, fabricating self-organized nanostructured materials, and the development of new building blocks for quantum computers.

---

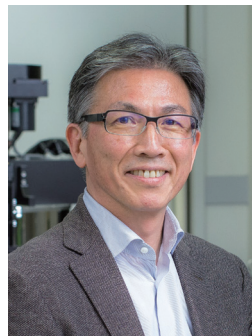
部門主任 リップマー ミック  
Leader LIPPMAA, Mikk

---

# 大谷研究室 Otani Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 磁気弾性強結合による高効率スピン流の生成  
Efficient pure spin current generation by magnon-phonon coupling
- 2 重元素を含まない界面での軌道流の生成  
Orbital current generation at the interface of light elements
- 3 非共線反強磁性体における電流駆動高速磁壁移動  
Current-driven fast magnetic domain wall motion in noncollinear antiferromagnets
- 4 原子間力顕微鏡を用いた局所的熱流注入による異常ネルンスト効果マッピング  
Anomalous Nernst effect mapping by local heat flow injection using an atomic force microscope



教授 大谷 義近  
Professor OTANI, Yoshichika

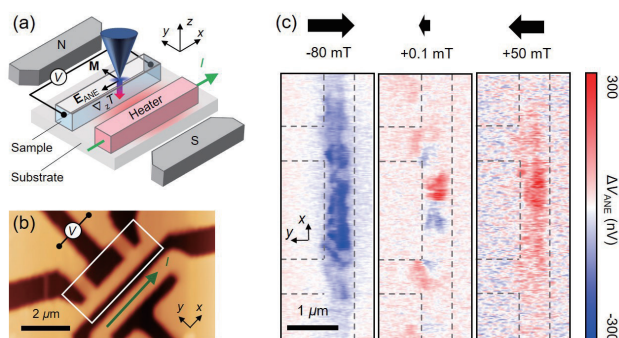
専攻 Course

新領域物質系

Adv. Mat., Frontier Sci.

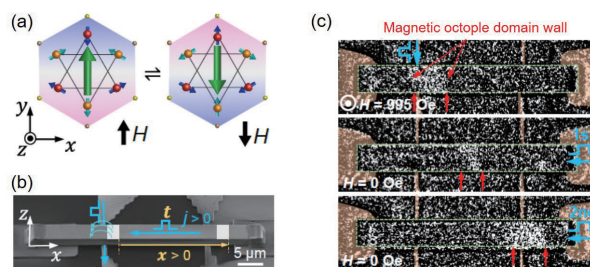
20 世紀の終わりに誕生したスピントロニクスは、電流に加え、スピン角運動量の流れであるスピン流を用いることで、これまでにない機能を持った素子を創出する学問領域である。スピントロニクスは、電荷・スピン・フォノン・フォトン・マグノン等の準粒子が、固体中のスピンを媒介として相互に変換される「スピン変換科学」として発展した。ごく最近では、スピン変換科学は、準粒子が強固に結合しマグノンポーラロンなどの新奇準粒子状態を生成する、「強結合スピントロニクス」として展開している。さらに最近では、電子スピンだけではなく電子軌道により角運動量を運ぶ軌道流が登場した。これらのスピンや軌道を媒介とする変換・結合現象は、比較的単純な接合界面近傍のナノスケール領域で生じることが多く、優れた汎用性と応用性を持っている。我々の研究室では、微細加工で作製したナノデバイスを使った実験により、スピンや軌道を媒介して生じる新奇な準粒子間の変換・結合現象の開拓を行っている。また、基礎量子物性の観点から、発見した新現象の機構解明にも取り組んでいる。

Spintronics, which emerged at the end of the 20th century, is a science that creates new functional devices by using spin currents, the flow of spin angular momenta, and charge currents. It has developed as spin conversion science in which quasiparticles such as electrons, phonons, photons, and magnons are interconverted through spins in solids. Recently, this has evolved into strong coupling spintronics, producing new coupled quasiparticles such as magnon polarons. More recently, orbital currents have emerged that carry angular momenta not only by electron spin but also by electron orbitals. Since these spin/orbital-mediated conversion/coupling phenomena often occur in the nanoscale region near the relatively simple junction interface, they have excellent versatility and applicability. Our laboratory develops novel conversion/coupling among quasiparticles mediated by spins/orbitals through experiments using nanoscale devices fabricated by microfabrication technology. Furthermore, we elucidate the mechanisms of novel phenomena from the viewpoint of fundamental solid-state physics.



原子間力顕微鏡の探針誘起局所温度勾配を用いた異常ネルンスト効果のマッピング。(a) 手法の概略図。(b) 素子のトポグラフィ像。(c) 外部磁場印加中の異常ネルンスト電圧のマッピング像。

Magnetic imaging by the locally induced anomalous Nernst effect using atomic force microscopy. (a) conceptual drawing of this method. (b) The topography of the sample. (c) The Spatially resolved anomalous Nernst effect voltage under external magnetic fields.



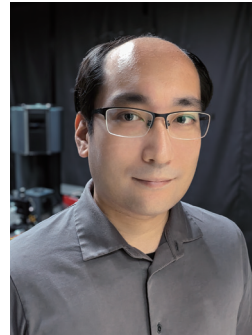
非共線反強磁性体  $\text{Mn}_3\text{Ge}$  の高速磁壁移動の実証。(a)  $\text{Mn}_3\text{Ge}$  の磁気八極子。(b) 試料の SEM 像。(c) 磁気カー効果により観察されたパルス電流による磁壁の高速移動。

Demonstration of a fast magnetic domain wall motion in a noncollinear antiferromagnet  $\text{Mn}_3\text{Ge}$ . (a) The magnetic octapoles of  $\text{Mn}_3\text{Ge}$ . (b) SEM image of the sample. (c) The fast domain wall motion induced by pulse currents observed by MOKE.



## 研究テーマ Research Subjects

- 1 半導体モアレ超格子中の電子の精密電気制御による物性探索  
Exploration of physical properties via precise electrical control of electrons in semiconductor moiré superlattices
- 2 励起子をプローブとした電子物性の探索手法の開拓  
Development of methods for exploring electronic properties using excitons as a probe
- 3 2次元物質による量子デバイス  
Quantum devices based on two-dimensional materials



准教授 島崎 佑也  
Associate Professor SHIMAZAKI, Yuya

専攻 Course

工学系物理学

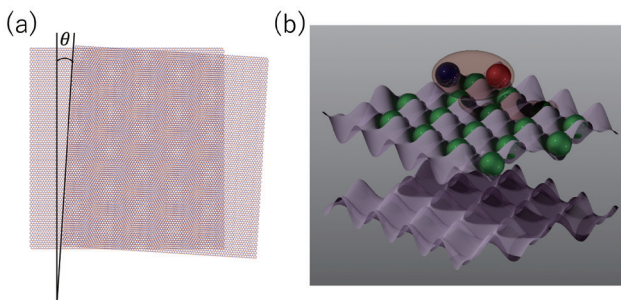
App. Phys., Eng.

半導体中に電子を規則的に配列した人工量子系において物性を再現するということは、メゾスコピック物理の長年の夢であった。近年このような系が2次元物質の結晶格子のモアレ干渉を利用したナノスケール周期の超格子において実際に実現されており、強相関電子状態、超伝導、磁性、トポロジカル物性など多数の量子物性の出現が確認されている。このような新しい人工量子系の振る舞いを微視的に理解し、制御するための学理を構築することで、ナノスケールの階層におけるメタ物質科学の展開が期待できる。

当研究室では半導体2次元物質を中心として、そのモアレ超格子の電子物性をマクロな量子物性とミクロな量子デバイス物理の両方の観点から研究を行う。特に半導体モアレ超格子の精密電気制御と光励起によるプローブ・制御を通じてその量子物性・量子デバイス物理を明らかにする。励起子をプローブとした電子物性の新しい探索手法についても開拓を行う。

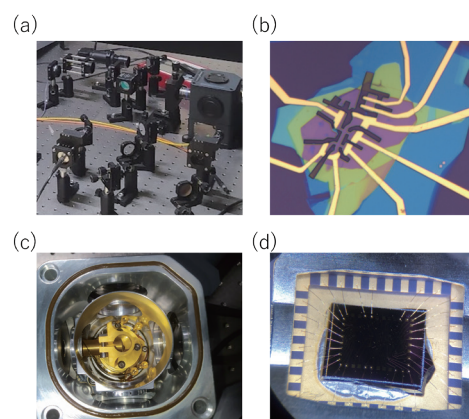
Realizing artificial quantum systems with regularly arranged electrons in semiconductors to simulate physical properties has long been a dream in mesoscopic physics. Recently, such systems have been realized using nanoscale-period moiré superlattices formed by interference patterns in two-dimensional materials. These systems exhibit a wide range of quantum phenomena, including strongly correlated electron states, superconductivity, magnetism, and topological properties. Understanding and controlling the behavior of these novel quantum systems at a microscopic level can lead to the development of metamaterial science at the nanoscale.

Our laboratory focuses on the study of moiré superlattices in semiconductor two-dimensional materials, investigating their electronic properties from both macroscopic quantum phenomena and microscopic quantum device physics. In particular, we aim to reveal quantum properties and device physics through precise electrical control and optical excitation. Additionally, we are developing new methods to explore electronic properties using excitons as probes.



(a) 2次元物質によるモアレ超格子 (b) 半導体モアレ超格子中の強相関電子状態の励起子によるプローブ

(a) Moiré superlattice formed by two-dimensional materials (b) Strongly correlated electron states in a semiconductor moiré superlattice probed by excitons



(a) 光学実験系 (b) 2次元物質デバイス (c) 光学クライオスタット (d) チップキャリア上のデバイス写真

(a) Optical experimental setup (b) Two-dimensional material device (c) Optical cryostat (d) Device image on chip carrier





## 橋坂研究室

Hashisaka Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 分数量子ホール準粒子のエニオン統計  
Fractional quantum Hall quasiparticles and their statistics
- 2 トポロジカルエッジ状態のダイナミクス  
Dynamics of topological edge states
- 3 メゾスコピック系の量子輸送  
Quantum transport in mesoscopic systems



准教授 橋坂 昌幸  
Associate Professor HASHISAKA, Masayuki

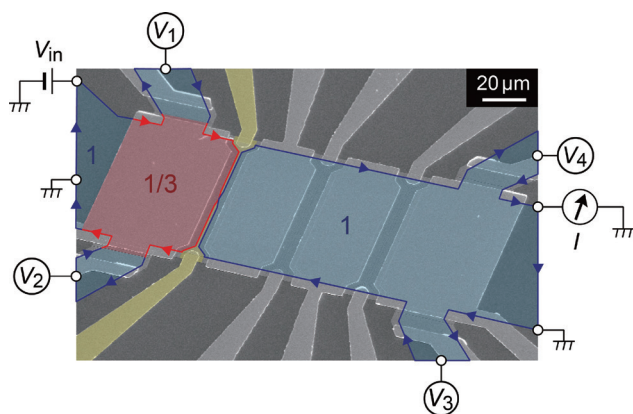
専攻 Course  
理学系物理学  
Phys., Sci.



助教 佐藤 洋介  
Research Associate  
SATO, Yosuke

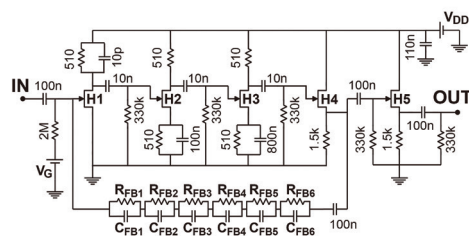
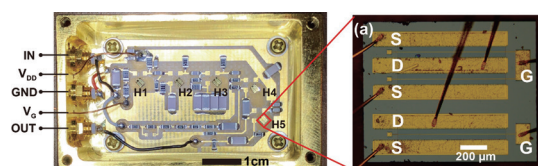
電子の量子的性質と電子間相互作用を起源として、著しく非自明な物性が発現することがある。超伝導、分数量子ホール効果、近藤効果などがその代表例である。これら「量子多体系」の特異性は、その素励起の性質としてひととき鮮やかに観測される場合がある。例えば分数量子ホール系における素励起（準粒子）は、素粒子であるはずの電子1個の電荷（素電荷）よりも小さな分数電荷を持つことが確かめられている。またこの準粒子は、ボーズ統計・フェルミ統計と異なる量子統計（エニオン統計）を持つことが知られており、トポロジカル量子計算への応用が期待されている。本研究室では、量子多体系の素励起を観測・制御することにより、電子や光子などの自然な粒子では実現できない、新奇な量子技術の確立を目指して研究を行っている。

The interplay of quantum nature and the electron correlation causes exotic phenomena in condensed matter, such as superconductivity, the fractional quantum Hall effect, and the Kondo effect. Our research aims to investigate these quantum many-body phenomena in mesoscopic systems using nanofabrication and our original measurement techniques. The quantum many-body systems sometimes show their peculiarity as the beautiful characteristics of the elementary excitations. The paradigmatic is the quasiparticles in the fractional quantum Hall states. The quasiparticles have fractional charges smaller than the elementary charge. More interestingly, they have anyonic statistics, the quantum statistics that differ from the Bose and Fermi statistics. The quasiparticles with highly nontrivial non-abelian statistics may open a route for synthesizing the fault-tolerant topological quantum computer, thus attracting growing attention in condensed matter physics and quantum computational science. Our goal is to establish such novel quantum technologies originating from the intriguing nature of quasiparticles in quantum many-body systems.



分数・整数量子ホール接合デバイス。占有率 1/3 領域（準粒子、電荷  $e/3$ ）と、占有率 1 領域（電子、電荷  $e$ ）の電荷キャリアのミスマッチにより、超電導接合に類似したアンドレーエフ型反射が生じる。

False-color electron micrograph of the fractional-integer quantum Hall junction device. Mismatch between the charge carriers causes Andreev-like reflection at the junction.



自作 FET を用いて作製した低温電流増幅器  
Homemade-FET-based cryogenic transimpedance amplifier



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/hashisaka\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/hashisaka_group.html)

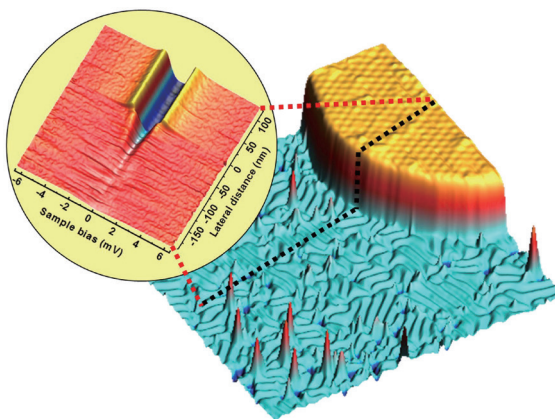


## 研究テーマ Research Subjects

- 1 低温 STM による特異な超伝導 / トポロジカル物性の探索  
Exploration of peculiar superconducting / topological states using low-temperature STM
- 2 マイクロ波導入スピン偏極 STM によるナノスケール磁気共鳴とスピンダイナミクス  
Nanoscale detection of magnetic resonances and spin dynamics by microwave-assisted spin-polarized STM
- 3 スピン偏極走査ポテンシオメトリによるスピン流の実空間計測  
Real-space distribution of spin currents by spin-polarized scanning tunneling potentiometry
- 4 データ科学支援による高効率局所電子状態計測  
Effective collection of local density of states with an assist of data science

走査トンネル顕微鏡 (STM) は、その像を通じて表面の原子構造を明らかにするのみならず、トンネル分光測定によりサブナノ領域での電子状態に関する知見を与え、さらにはスピン偏極 (SP-) STM による局所磁気特性や表面スピン構造を引き出すことができる。

長谷川研究室では、極低温強磁場で動作する STM 装置を用いて、表面超伝導など反転対称性の破れた二次元系での超伝導特性、磁性体との近接効果により誘起される特異な超伝導・トポロジカル状態の観測を試みている。また、SP-STM による磁性薄膜でのスピンスパイラルなど特異な局所磁気構造観察、スピン偏極局所ポテンシオメトリによるスピン流計測、さらにはマイクロ波導入による磁気共鳴検出を通じた局所スピンダイナミクスの研究等も推進しており、プローブ顕微鏡の新たな計測手法を開発することにも取り組んでいる。



超伝導金属界面での近接効果。単原子層 Pb (水色、金属相) と Pb 薄膜 (黄色、超伝導相) の界面でのトンネル分光から、超伝導特性が界面から約 40nm にわたって染み出している様子が観察される。

Proximity effect at superconductor/metal interface. Tunneling spectra taken around an interface between 1ML-Pb layer on Si (blue, normal metal) and a Pb thin film (yellow, superconductor) indicate the penetration of superconductivity into the metal layer with a decay length of 40 nm.



教授 長谷川 幸雄  
Professor HASEGAWA, Yukio

専攻 Course

工学系物理工学

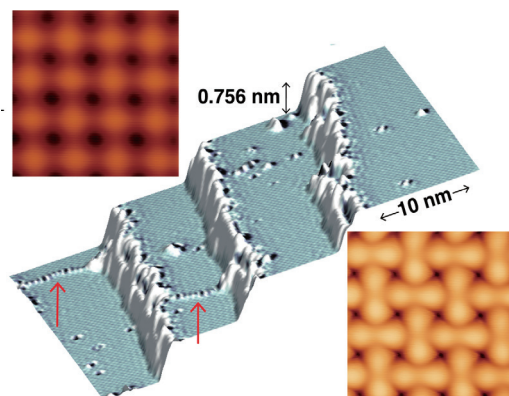
App. Phys., Eng.



助教 土師 将裕  
Research Associate  
HAZE, Masahiro

Scanning tunneling microscopy (STM) reveals not only atomic structure of surfaces but also electronic states of sub-nanometer areas by tunneling spectroscopy. With a function of spin-polarized (SP-) STM, the microscope also provides local magnetic properties and surface spin structures, and with inelastic tunneling spectroscopy (IETS), various excitation energies can be extracted.

In Hasegawa-lab., by using STMs operated in ultralow temperature and high magnetic field, peculiar local superconducting and topological states that are found e.g. at surfaces, where inversion symmetry is broken, and in the proximity with ferromagnetic and topological materials, have been explored. We have also studied local magnetic properties of nano magnets, peculiar spin-spiral structures, and energy dispersion of surface magnons using SP-STM and SP-IETS. We have also explored unique functionality of the probe microscopy; recent examples include the investigation of local spin dynamics through the detection of magnetic resonances using microwave-assisted SP-STM, spin current detection using SP-scanning tunneling potentiometry, and efficient collection of local density of states based on data-driven science.



重い電子系物質 CeCoIn<sub>5</sub> で観測された表面軌道秩序。Co 原子が正方配列した面 (中央、左上図) で、探針を近づけて STM 像 (右下図) を撮ると、ダンベル状の d 軌道の秩序配列状態が観察される。

Surface-induced orbital ordered states observed on a heavy-fermion material CeCoIn<sub>5</sub>. In STM images taken on a Co-terminated surface in standard conditions, round-shaped Co atoms are observed (center and upper-left images). In STM images taken in closer distances (lower-right) we observed an ordered phase of dumbbell-shaped d-orbitals.



## 吉信研究室

Yoshinobu Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 よく規定されたモデル触媒による分子の活性化と表面反応の研究  
Activation and surface reaction of molecules on well-defined model catalysts
- 2 水素と関わる材料の物性と反応  
Properties and reactions of materials with hydrogen
- 3 2次元物質エッジ面の電子状態と反応性の研究  
Electronic states and reactivity of edge surfaces of two-dimensional materials
- 4 THz パルスによる表面における振動分光と分子ダイナミクスの研究  
Vibrational spectroscopy and dynamical processes of molecules on surfaces using THz pulses



教授 吉信 淳  
Professor YOSHINOBU, Jun

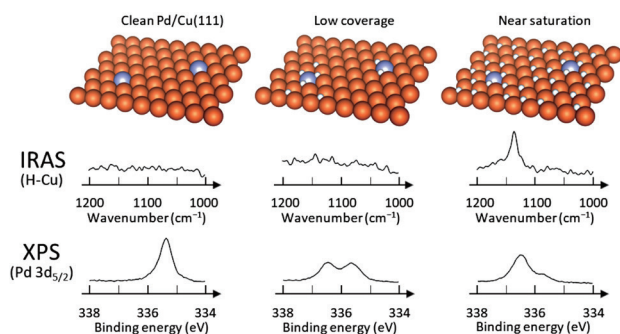
専攻 Courses

理学系化学 新領域物質系

Chem., Sci. Adv. Mat., Frontier Sci.

外部から原子・分子を自在に供給し、新しい物質を構築する「反応場」であることが、固体表面の最も重要な特徴である。表面・界面は物質移動の場だけではなく、エネルギー変換の場としても重要である。原子スケールで物質移動を制御し、機能をもつ材料やデバイスを創製するためには、表面・界面における素過程を理解することが不可欠である。表面における原子・分子のダイナミクス研究は、触媒やデバイスだけでなく、さらに地球環境や宇宙における化学反応についても手がかりを与えてくれる。当研究室では、表面・界面における原子・分子のダイナミクス、モデル触媒および低次元材料の構造・物性・反応を、振動分光、光電子分光、走査型トンネル顕微鏡や独立駆動4探針電気伝導測定法を駆使して研究している。また、シンクロトロン放射光を用いたオペランド光電子分光を推進している。最近、THz パルスによる表面プロセス駆動のプロジェクトにも取り組んでいる。

Solid surfaces play an important role as “low dimensional reaction field”, on which we can provide atoms and molecules and manipulate them deliberately. In addition, surface and interface are vital in the energy conversion processes. In order to fabricate atomically-controlled functional materials, we have to understand the dynamical behavior of atoms and molecules on surfaces. The research of these subjects is closely related to the basics of catalysis, semiconductor processes and molecular electronics. In addition, we can simulate chemical reactions on cosmic dust and clouds in atmosphere with laboratory experiments in ultrahigh vacuum at low temperature. We have utilized surface vibrational spectroscopy, photoelectron spectroscopy and local probe methods in order to investigate structures, reactions and electronic properties of atoms/molecules and thin films on surfaces. Synchrotron radiation is also used to study the electronic states of surface and interface, including *operando* X-ray photoelectron spectroscopy. Recently, we have engaged in the study of THz-pulse driven surface processes.



単原子合金モデル触媒 Pd/Cu(111) における水素の解離とスピルオーバープロセス  
Dissociation and spillover processes of hydrogen on the single atom alloy Pd/Cu(111) model catalyst surface



THz パルス駆動表面反応装置（松永研究室との共同研究）

The apparatus for THz-pulse induced surface reactions (collaborated with Matsunaga Lab.)



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/yoshinobu\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/yoshinobu_group.html)

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 パルスレーザー堆積法による酸化物薄膜およびヘテロ構造の作製  
Growth of thin oxide films and heterostructures by pulsed laser deposition
- 2 酸化物ナノ構造およびナノコンポジット薄膜の合成  
Synthesis of nanostructures and nanocomposite thin films
- 3 光触媒におけるキャリアダイナミクス  
Carrier dynamics in photocatalysts
- 4 薄膜のオートノマス合成  
Autonomous synthesis of thin films



教授 リップマー ミック  
Professor LIPPMAA, Mikk

専攻 Course

新領域物質系

Adv. Mat., Frontier Sci.

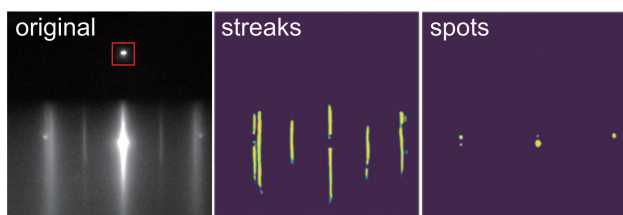


助教 田中 友晃  
Research Associate  
TANAKA, Tomoaki

新材料の薄膜合成には多くの合成制御パラメータの最適化が必要である。パルスレーザー堆積法の場合、パラメータ空間は 6 次元以上である。このパラメータ空間で最適点を見つけるプロセスを加速するために、薄膜の表面形状や構造変化を検出できる RHEED を用いて結晶成長を観察する。いくつかの機械学習を利用し、特定の格子パラメータを持つ結晶相や最良の表面平坦性といった、目的の回折的特徴に最適な結晶成長条件を自律的に選択する。回折画像のセマンティックセグメンテーションを使用して類似した回折パターンを抽出し(左図)、続いて周期性分析とパラメータクラスタリングを行うことで、膜の相組成と表面構造の品質係数が得られる。相情報は、相安定性マップを構築するために使用できる(右図)。ベイズ最適化を用いることで、多次元パラメータ空間において最適な成長条件を選択し目的の結晶相を迅速に得るための自律的な合成制御を行う。

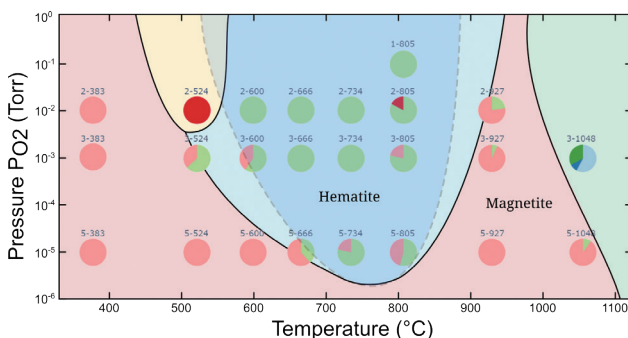
Thin film synthesis of new materials requires the optimization of many synthesis control parameters, such as pressure, temperature, growth rate, etc. For Pulsed Laser Deposition, the parameter space has 6 or more dimensions. To accelerate the process of finding the optimal point in this parameter space, we monitor the crystal growth by RHEED, which detects thin film surface morphology and structure changes. Several forms of machine learning are used to autonomously choose crystal growth conditions that optimize for the desired diffraction features, such as a crystal phase with a specific lattice parameter or the best surface flatness.

Semantic segmentation of the diffraction images is used to extract similar diffraction features (left figure), followed by periodicity analysis and parameter clustering, which gives the phase composition of the film and a quality factor for the surface structure. The phase information can be used to build a phase stability map (right figure). Bayesian optimization is used to obtain autonomous synthesis control to select the best growth conditions and to rapidly obtain the desired crystal phase in a multidimensional parameter space. This autonomous feedback operation is more than an order of magnitude faster than traditional manual parameter optimization.



回折パターンでトレーニングされた UNet ニューラル ネットワークを使用した RHEED パターンからの回折ストリークとスポットの抽出。直接ビーム(元の画像の赤枠)は回折スポットと混同されない。

Diffraction streak and spot extraction from a RHEED pattern with a UNet neural network trained on diffraction images. The direct beam (red box in the original image) is not confused with diffraction spots.



温度と酸素圧力の関数としての、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  上のヘマタイト ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) とマグネタイト ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) の自動薄膜成長相マッピング。

Automated thin film growth phase mapping of hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) and magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) on  $\text{Al}_2\text{O}_3$  as a function of temperature and oxygen pressure.



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/lippmaa\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/lippmaa_group.html)



# 数間研究室 Kazuma Group



客員准教授 数間 恵弥子  
Visiting Associate Professor KAZUMA, Emiko

固体触媒において高い反応性を高度に実現するには、触媒表面での反応機構を分子レベルで理解し反応を制御することが重要である。特に、表面と分子間の相互作用は、反応を支配する主要な因子であり、その制御は重要な触媒戦略の一つである。当研究室では、走査トンネル顕微鏡を用いて電子、光、近接場光、熱といった多様な励起源による表面反応の単一分子レベル研究を展開し、反応素過程、機構の解明を行ってきた。現在はよりリアルな触媒表面における反応の理解と新奇反応の開拓を目指し、表面の構造、電子状態を制御した触媒モデル表面の開発に加え、単分子レベル分析とマクロな表面分析の融合に取り組んでいる。ナノスケール物性研究部門・吉信研究室と協力し、単分子レベル分析と昇温脱離法、赤外反射吸収分光法、低速電子回折法等による表面分析を融合することで表面反応をより包括的に理解し、高効率かつ高選択的な反応を可能にする触媒表面の戦略・指針を獲得する。

Controlling chemical reactions on solid catalyst surfaces based on understanding reaction mechanisms at a single molecule level is crucial to achieving the high reactivity of solid catalysts in a sophisticated manner. In particular, the interaction between the surface and molecule is a principal factor governing the reaction, and controlling the interaction is one of the important catalytic strategies. We have performed single-molecule studies on surface reactions induced with various excitation sources, including electrons, light, near-field light, and heat, using a scanning tunneling microscope, and elucidated the elementary processes and mechanisms of the reactions. To understand reactions on more realistic catalyst surfaces and explore novel reactions, we take on the challenge of not only developing catalyst model surfaces with highly controlled morphological structures and electronic structures but also combining the single-molecule-level analysis with macroscopic surface analysis. In collaboration with Prof. Yoshinobu group, we will combine single-molecule-level analysis with temperature-programmed desorption, infrared reflection absorption spectroscopy, and low-energy electron diffraction to understand surface reactions more comprehensively and obtain strategies for developing catalyst surfaces with high efficiency and selectivity.



# 社会連携研究部門

Social Cooperation Research Department

本学の制度である社会連携研究部門は、公益性の高い共通の課題について、東京大学と共同研究を実施しようとする民間機関等から受け入れる経費等を活用して設置される。本研究部門では、教育研究内容における物性研究所の自主性の確保に十分配慮しながら、教育研究の進展や人材育成の活性化により、学術の推進及び社会の発展に寄与することを目的としている。

物性研究所では、2019 年 4 月に最初の社会連携研究部門「データ統合型材料物性研究部門」が開設された。

Social Cooperation Research Department (SCRD) is a joint research framework between the University of Tokyo and its corporate or other external partners in order to collaborate in research projects that contribute to the public interest. Although SCRD is funded by external partners, its research and education activities aiming for academic advancement and social development are conducted in such a way that secures the University's autonomy and independence. ISSP established its first SCRD unit, the Division of Data-Integrated Materials Science, in April 2019.

---

## データ統合型材料物性研究部門

Division of Data-Integrated Materials Science

---

昨今、機械学習が社会的にも大きな注目を集めている。機械学習の物質科学研究への応用の可能性も盛んに研究されており、多くの有望な結果が報告されている。背景には、この考え方が、基礎科学の産業応用を加速させるうえでのカギとなるという期待感がある。当部門では、実験と数値計算をデータ科学的手法によって統合し、電子相関の理解に基づいて、革新的な機能を持つ材料の物性予測・探索手法を開発することを目的としている。実験結果と数値計算結果の単純な比較や実験の理論計算による解釈にとどまらず、両者を同時に用いることによって、実験・数値計算それぞれ単独ではなしえない成果を挙げることを目指している。これによって、スピントロニクス材料、超伝導材料などの探索を進めている。

Recently, machine learning has attracted a lot of social attention. The possibility of applying machine learning techniques to material science research is also actively studied, and many promising and interesting results have been reported. The expectation is that this idea, which is called materials informatics, will be the key to accelerating the industrial application of basic science. The division aims at developing new methods for prediction of physical properties of innovative materials, based on the understanding of electron correlation, by integrating experiments and numerical calculations through data-scientific approaches. While conventionally we have been comparing experimental results with numerical ones, interpreting the former by the latter, the new goal is to achieve something that cannot be done by experiment or numerical calculation alone, by using both of them simultaneously. In this way, we are efficiently searching for a wide variety of new functional materials, such as spintronic materials and superconductors.

# 乾研究室 Inui Group

## 研究テーマ Research Subjects

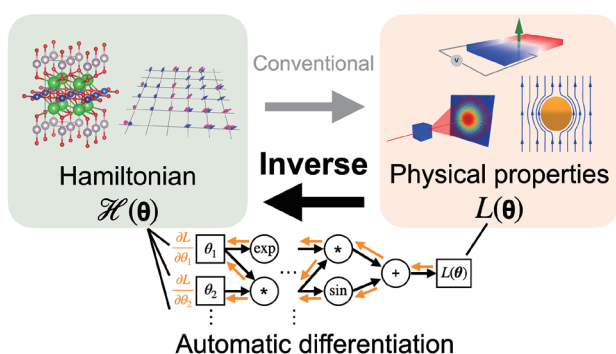
- 1 目的の性質を持つ物質や条件の逆設計手法の開発  
Developing inverse design methods to create materials and conditions with specific desired properties
- 2 大量のパラメタを用いた高速なデータ同化  
Fast data assimilation with large number of parameters
- 3 物性物理における数値計算研究  
Numerical Studies in Condensed Matter Physics



特任准教授 乾 幸地  
Project Associate Professor INUI, Koji

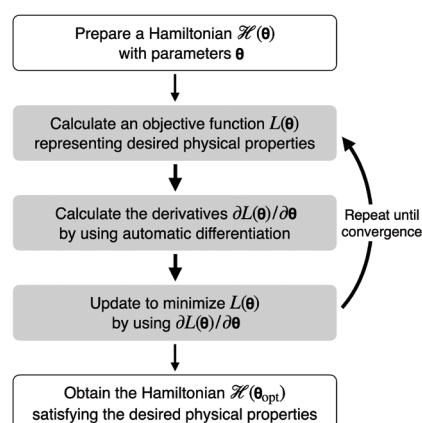
我々は逆解析・逆設計手法の開発に取り組んでいる。一般的な計算科学による物質研究では、特定の物質や条件に対して少数のパラメタを変えながらシミュレーションを実行し、こういったパラメタにおいてほしい状態が実現するのかを探索する。しかしながら、こういった方法では、事前に人が条件を絞り込む必要があるため、新規な物質や状態を見つけることは難しい。本研究室では、逆解析・逆設計を用いたアプローチによって、先にほしい性質を決め、それが実現する系を求める手法の開発を行っている。特に、機械学習でよく使われている自動微分による大量のパラメタの制御を用いた研究に力を入れている。こういった逆解析・逆設計を用いることによって、これまで人間が想定出来なかったような新しい物質やメカニズムの発見を目指して研究を進めている。

In our laboratory, we are pioneering the development of inverse analysis and design methods for computational materials research. Traditional approaches typically involve simulations with a limited set of parameters for specific substances or conditions, focusing on identifying parameter regions that achieve desired states. However, this method often falls short in discovering novel substances and states due to its reliance on predefined conditions. To overcome these limitations, we employ inverse design techniques. These begin by defining the desired properties and then identifying systems that can realize these properties. A key aspect of our research is the use of automatic differentiation, a powerful tool frequently utilized in machine learning, which allows for the control of a large number of parameters. By integrating inverse analysis and design, we aim to uncover new substances and mechanisms previously unexplored. This innovative approach holds the potential to revolutionize the field by enabling the discovery of groundbreaking materials and processes.



目的とする物性からそれを実現するモデルを構築する逆問題における手法の概念図。目的の物性を表す関数  $L$  を最適化するように、モデル中の変数  $\theta$  を自動微分を用いて最適化します。

Schematic illustration of the method to solve the inverse problem of constructing a model that achieves the desired physical properties. The parameters  $\theta$  in the model are optimized using automatic differentiation so as to optimize the function  $L$  that represents the desired physical property.



自動微分を用いた逆設計アルゴリズムのフローチャート。

Flowchart of the inverse design algorithm by using automatic differentiation.



# 機能物性研究グループ

## Functional Materials Group

機能物性研究グループは、生体現象や、化学反応、駆動された量子物質とナノデバイス等において実現する多彩な非平衡多体現象について俯瞰的な立場から研究を進めることで、その隠れた学理と未知の機能を解き明かし、応用に資することを目的とする。近年、光遺伝学や細胞内物性計測、励起状態や非平衡状態の時間分解測定、ナノスケールの分析・分光測定などの実験法が飛躍的に進歩し、同時に、計算・データ科学による理論解析や、揺らぎの定理やフロッケ・エンジニアリングなど非平衡統計力学の構築が進展している。これら重点的な研究課題に関連した物性研究所の研究者数名がコアメンバーとなり、さらに数名の所員が従来の部門に属しつつ併任として参加する。

The Functional Materials Group (FMG) is a trans-divisional and interdisciplinary research group aimed at unraveling the underlying principles and unknown functionalities of diverse non-equilibrium many-body phenomena. These phenomena manifest in biological processes, chemical reactions, driven quantum materials, and nanodevices. The group conducts comprehensive research to contribute to the understanding and practical application of these phenomena. In recent years, there have been significant advancements in experimental techniques such as optogenetics, intracellular measurements, time-resolved measurements of non-equilibrium excited states, and spectroscopic measurements at the nanoscale. At the same time, there have been notable developments in computational and data science, as well as in non-equilibrium statistical mechanics. Several ISSP researchers join the FMG as core members, while other members participate as concurrent members. Moreover, as a joint-use/research center, the FMG actively invites external researchers to collaborate on new subjects, serving as an open platform for such collaborations.

---

グループ主任 井上 圭一  
Leader INOUE, Keiichi

---

# 秋山研究室 Akiyama Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 利得スイッチ短パルス半導体レーザーと超高速非平衡非線形の光物性  
Gain-switched short-pulse semiconductor lasers and ultrafast non-equilibrium non-linear optical physics
- 2 半導体レーザーデバイス・モジュール・システムの開発と応用  
Development and applications of semiconductor-laser devices, modules, and systems
- 3 宇宙用の先端太陽電池の高効率エネルギー変換と詳細平衡限界物理  
High-efficiency energy conversion and detailed-balance-limit physics in advanced space solar cells
- 4 発光計測標準、ホタル生物発光、ロドプシン・ラマン分光  
Luminescence measurement standards, firefly bioluminescence, rhodopsin Raman spectroscopy



教授 秋山 英文  
Professor AKIYAMA, Hidefumi

専攻 Course  
理学系物理学  
Phys., Sci.



助教 小林 真隆  
Research Associate  
KOBAYASHI, Masataka

半導体量子ナノ構造の光物性、半導体レーザーや太陽電池のデバイス物理、ホタル生物発光などを、レーザー分光・顕微分光・光学計測技術や半導体結晶成長・微細加工を用いて研究している。

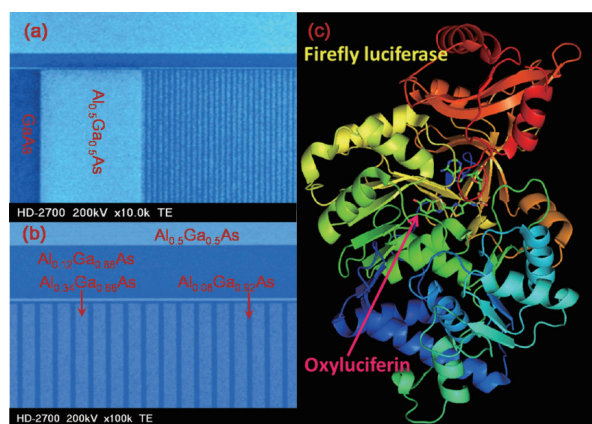
半導体レーザーに対して、極端に強い励起を短時間だけ加え、極端非平衡状態を生み出し、フェムト秒短パルス発生限界を迫る研究、宇宙用の先端太陽電池の損失機構を調べ変換効率限界を物理的に理解する研究、高品質な半導体量子構造の量子力学的な光学物性、低次元性、電子正孔系多体問題、半導体レーザー物理、結晶成長、物質科学の研究などを広い興味から行っている。

光学実験技術として、微弱発光を高感度検出する技術、絶対量を定量計測する技術、ナノ構造の透過吸収を計測する技術、顕微分光や画像計測の技術を開発している。それらの技術を応用し、ホタル生物発光や生物学課題を、生物学・化学・理論の専門家や民間会社と共同で研究している。

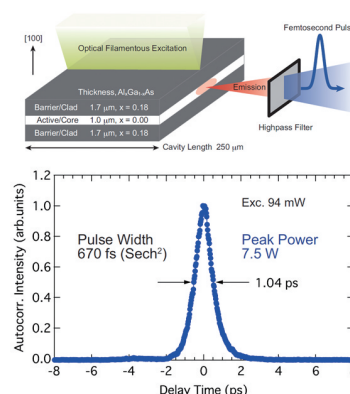
Advanced laser spectroscopy on the basis of lasers and microscopy is developed and applied to semiconductor quantum wires and other nano-structures, in order to understand and control their optical properties quantum mechanically.

Pico- and femto-second pulse generation directly from gain-switched semiconductor lasers is studied intensively to understand the pulse dynamics and the shortest-pulse limit. High-quality III-V-semiconductor space solar cells and their internal loss rates and mechanisms are also studied. We make the world thinnest and cleanest quantum-wire semiconductor lasers that have superior laser performances such as low threshold currents. Experimental findings and problems provide us fruitful physics subjects related to 1D physics, many-body physics, lasers, solar cells, crystal growth, material science, and semiconductor device physics and engineering.

We are developing experimental techniques such as sensitive luminescence detection, absolute luminescence-yield measurements, transmission/absorption measurements of single nano-structures, micro-spectroscopy, imaging, and solid-immersion microscopy. Some of these techniques have been applied to study of bioluminescence of fireflies, jelly fish, and sea fireflies as well as luminol chemiluminescence.



100 周期 T 型量子細線半導体レーザー (a,b) とホタルルシフェラーゼ (c) の構造  
Nano-structures of 100 T-shaped quantum-wire semiconductor laser (a,b) and firefly luciferase protein (c).



利得スイッチ半導体レーザーからのフェムト秒パルス発生

Direct fs pulse generation from a gain-switched semiconductor laser.





## 研究テーマ Research Subjects

- 1 光受容型膜タンパク質ロドプシンの分子機能メカニズムの機能解析および分光研究  
Functional and spectroscopic studies on the mechanism of molecular function of photoreceptive membrane proteins, rhodopsins
- 2 先端的分光計測法の生体分子研究への応用  
Application of advanced spectroscopy for biomolecular study
- 3 ゲノムビッグデータをもとにした新奇光受容型タンパク質探索  
Exploration of novel photoreceptive proteins using genome big data
- 4 機械学習法と実験自動化を用いた生体分子の機能決定因子の解明とそれにもとづく新規機能性分子開発  
Elucidation of functional determinant factors of biomolecules and the development of novel functional molecules using machine learning methods and experimental automation



准教授 井上 圭一  
Associate Professor INOUE, Keiichi

専攻 Courses

理学系化学 新領域物質系  
Chem., Sci. Adv. Mat., Frontier Sci.



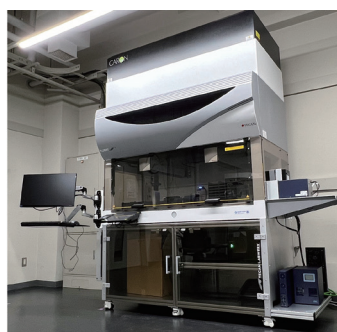
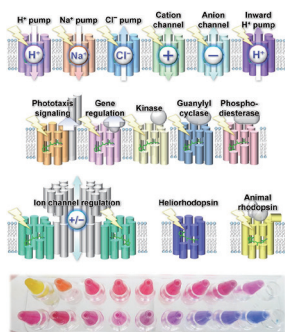
助教 永田 崇  
Research Associate  
NAGATA, Takashi



特任助教 加藤 善隆  
Project Research Associate  
KATO, Yoshitaka

多くの生物は太陽光を、自身の生理活動のためのエネルギー源や、外界の環境変化を知覚するための情報源として利用する。そしてこのときに中心的な役割を果たすのが、多様な光受容タンパク質である。

本研究室では、それら多様な光受容タンパク質の機能発現メカニズムを統一的に明らかにすることを目的とし、レーザー時間分解分光実験や振動分光実験などを通じて、高次複雑系である光受容タンパク質分子の化学反応素過程を調べる研究を行っている。さらに電気生理学実験や、生化学的手法と組み合わせることで、原子・分子レベルから細胞・個体レベルにおよぶ多階層的な理解を目指している。そして、これらの知見をもとに、光遺伝学などの応用を目標とした機能性生体分子の開発にも取り組む一方で、近年の急速なゲノム解析技術の発展がもたらすゲノムビッグデータをもとに、新奇な光生物学的現象とそれに関わる分子群の探索研究や機械学習法ならびに実験自動化法の開発を行っている。

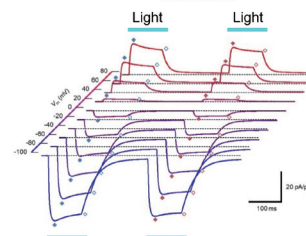
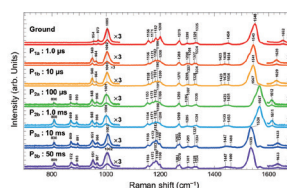
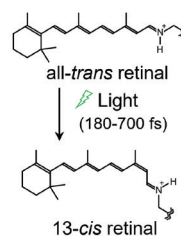
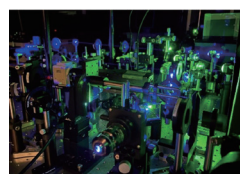


多様な機能を持つ微生物ロドプシン（左上）とその精製タンパク質試料（左下）。タンパク質機能解析用自動化実験ワークステーション（右）。

Microbial rhodopsins with a variety of functions (top left) and the purified protein samples (bottom left). Automated experimental workstation for protein functional analysis (right).

Most living organisms use sun light as energy source for their biological activity and information source to recognize environmental change. In this photobiological events, a wide variety of photoreceptive proteins play the central role.

Our research aims unified understanding of the mechanism of biomolecular functions of various photoreceptive membrane proteins called “rhodopsins”. The chemical elementary process of these supra complex photoreceptive proteins is studied by time-resolved laser spectroscopy and vibrational spectroscopy, and we are promoting further research by combining biochemical and electrophysiological techniques to achieve multi-layer understanding from atomic and molecular to cellular and individual levels. Furthermore, whereas we are developing novel artificial biomolecules for the application to optogenetics and so on, based on the fundamental insights, exploration studies of new photobiological phenomena and related molecular groups, and developments of machine learning technology and experiment automation methods are being conducted with genome big data accompanying the development of genome analysis technology in recent years.



独自光学系によるロドプシンの時間分解共鳴ラマン分光（上）およびロドプシン分子内におけるレチナールの光異性化過程（左下）。ホ乳類細胞に発現させたチャネルロドプシンの光電流（右下）。

Time-resolved resonance Raman spectroscopy of rhodopsin using the original optical system (top) and photo-isomerization process of retinal in rhodopsin (bottom left). Photo currents of ChR2 expressed in mammalian cells (bottom right).



# 岡研究室 Oka Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 量子物質のフロック・エンジニアリング  
Floquet engineering of quantum materials
- 2 量子多体系の非平衡状態  
Nonequilibrium states in quantum many-body systems
- 3 生体現象、情報物理への場の理論の応用  
Application of field theory to biology and information physics



教授 岡 隆史  
Professor OKA, Takashi

専攻 Course

理学系物理学

Phys., Sci.



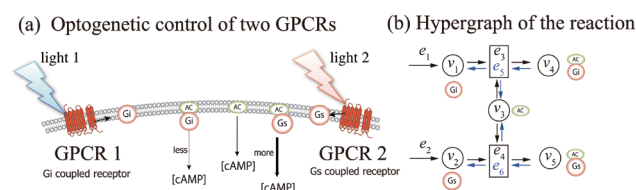
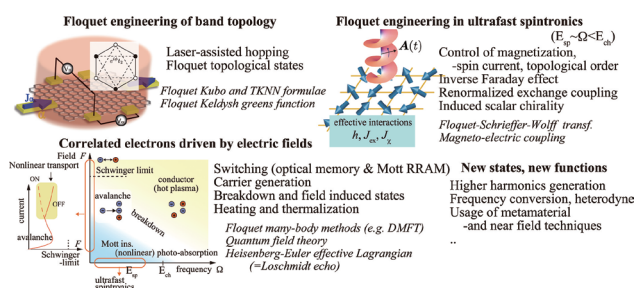
助教 沼澤 宙朗  
Research Associate  
NUMASAWA, Tokiro



特任助教  
チャウドリー スワティ  
Project Research Associate  
CHUDHARY, Swati

量子物質の非平衡状態に潜む未知の自然法則を発見するとともに、その理解をもとに物質相を自在に制御し機能発現させる方法を理論的に研究する。中でもフロック・エンジニアリングに代表される新しい理論体系が近年注目を集めており、非平衡現象を平衡系に近い深さで理解することが可能になりつつある。さらに乱流、ニューラルネットワークといった古典物理や、生命現象、日常的に非平衡現象が利用されてきた半導体物理などの分野で蓄積されてきた知見を参考にしつつ、場の理論や数値計算などの基礎的な手法を利用することで相関電子系、トポロジカル物質、スピン系などの重要な量子物質の非平衡現象の研究をおこなっていくとともに、化学反応ネットワークや生物系における情報理論など、伝統的な凝縮系物理学の範疇外の問題にも興味を持っている。

Our primary research focus around studying quantum materials driven far from equilibrium by external fields. Our objective is to discover new fundamental laws of physics that govern these exotic states and explore methods to control their collective dynamics. To achieve this, we employ innovative theoretical frameworks like Floquet engineering, which allows us to comprehend nonequilibrium physics at a similar depth as equilibrium systems. Additionally, we draw valuable insights from other research fields such as turbulence, neural networks, and nonlinear semiconductor optics, and apply them to investigate new exotic quantum materials. Our target materials encompass a wide range, including topological systems and strongly correlated systems. We will also investigate novel nonlinear response phenomena, such as the heterodyne Hall effect, wherein the quantum Hall effect is induced by oscillating magnetic fields. Furthermore, we have a keen interest in exploring problems beyond traditional condensed matter physics, such as chemical reaction networks in biological systems and information theory.



量子物質のフロック・エンジニアリングの広がり。バンドトポロジー、スピン秩序、相関電子系などの相制御や新原理に基づくデバイスの提案につながっている。

Floquet engineering in quantum materials. T. Oka, S. Kitamura, Annu. Rev. Condens. Matter Phys. 10, 387-408 (2019).

フロック・エンジニアリングの光遺伝学への応用と生体内情報伝達ネットワーク制御

Application of Floquet engineering to optogenetics and control of cell signalling.



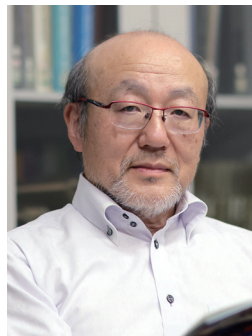
[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/oka\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/oka_group.html)

## 杉野研究室

Sugino Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 非平衡統計力学的アプローチによる物質中の電子移動反応の理解  
Understanding electron transfer reactions in materials using a non-equilibrium statistical mechanics approach
- 2 物質中の水素・ミュオンの量子状態  
Quantum states of hydrogen and muon in a material
- 3 電子格子相互作用の第一原理計算  
Electron-phonon couplings from first principles
- 4 超伝導体の第一原理計算  
First-principles simulation of superconductors



教授 杉野 修  
Professor SUGINO, Osamu

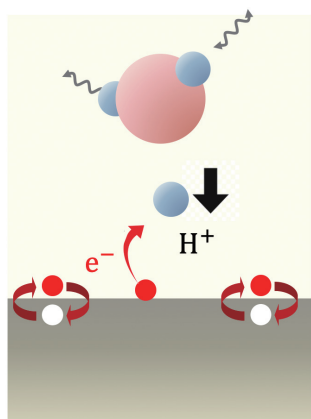
専攻 Course

理学系物理学

Phys., Sci.

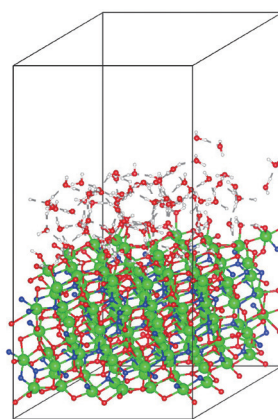
電子とイオンが運動して起こる化学反応によるエネルギー変換過程を、非平衡運動論の枠組みで捉えるための研究を行っている。今回は、プロトンが電極水溶液界面において電子およびフォノンを励起しながら運動エネルギーを失って表面に吸着する Volmer 過程を、非平衡グリーン関数法の枠組みで探った。本計算は、先行研究を拡張してプロトンの運動をあらわに考慮したものになっている。従来格子摩擦が支配的だと考えられてきたが、電極での電子正孔対を励起することで起こる電子摩擦が同様に重要であることが分かった。燃料電池等で起こるエネルギー変換を捉え直す必要性を示唆する結果である。目下、第一原理計算に基づいて現実系により忠実に反映したモデルを用いた研究を行っている。

This study explores energy conversion processes driven by chemical reactions involving electrons and ions within the framework of non-equilibrium kinetics. Specifically, the Volmer process, where protons lose kinetic energy and adsorb onto the surface while exciting electrons and phonons at the electrode-solution interface, was examined using the non-equilibrium Green's function method. This calculation extends previous research by explicitly considering proton motion. Traditionally, lattice friction has been considered dominant, but our findings reveal that electron friction, caused by the excitation of electron-hole pairs at the electrode, is equally significant. These results suggest the need to reconsider energy conversion processes occurring in fuel cells. Currently, research is being conducted using models that more faithfully reflect real systems based on first-principles calculations. This approach aims to provide a more accurate understanding of the mechanisms involved in energy conversion processes, potentially leading to more efficient fuel cell designs and other applications in the field of energy technology.



電極水溶液界面での電子移動反応の非平衡ダイナミクス。格子振動励起と同様に電子励起（電子摩擦効果）が重要であることを示唆している。

Non-equilibrium dynamics of electron transfer reactions at the electrode-aqueous solution interface. It suggests that electron excitation (electron friction effect) is as important as vibrational excitations.



ドーパされたジルコニア上の水のシミュレーション。第一原理計算と機械学習の組み合わせにより長時間シミュレーションが可能になった。

Simulation of liquid water interfaced with a doped zirconia surface. The first-principles calculation was extended to long-term simulation owing to the machine learning technique.





# 林研究室 Hayashi Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 ヒトiPS 運動ニューロン内の軸索輸送の蛍光顕微鏡観察  
Fluorescence observation of axonal transport in iPS cell derived neuron
- 2 ナノスプリングによるモータータンパク質キネシンの力計測  
Force measurement of motor protein kinesin by using a nano-sized spring
- 3 極値統計学を用いた神経細胞軸索輸送の速度解析 - 個体内 *in vivo* イメージング -  
Extreme value analysis applied to axonal transport by motor proteins
- 4 神経細胞軸索輸送に起因するシナプス形成異常の理論モデル構築  
Theoretical modeling of synapse formation related to axonal transport



教授 林 久美子  
Professor HAYASHI, Kumiko

専攻 Course

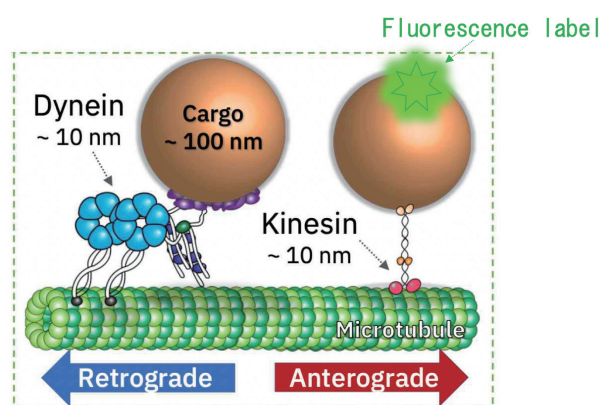
新領域複雑理工学  
Complex. Sci. and Eng., Frontier Sci.

磁性、超伝導、スピントロニクスなどの固体物理分野を対象とした物性計測だけでなく、生体、特に細胞を対象とした物性計測も細胞内現象のメカニズムを理解するために重要である。生きている、つまり外部からエネルギー注入があり内部でエネルギー消費がある細胞は複雑な非平衡環境にあり、統計力学法則が破綻するため、最も物性計測が難しい対象と言える。

本研究室では蛍光顕微鏡観察をベースに細胞内現象に対して、力・速度・エネルギーなどの物理量を正確に計測する技術を開発する。顕微鏡などのハード部分だけでなく非平衡統計力学、数学や情報科学などを駆使したソフト面の改善を行う。測定量を元に細胞内現象の理論モデルを構築し、細胞内現象を物理として定量的に理解する。神経疾患などの病気の理解に役立て、医学への貢献を目指す。

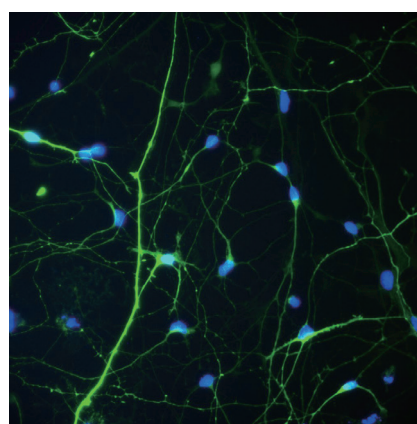
Precise physical measurements are important for cells to understand molecular mechanisms occurred in cells to maintain life activities as well as for solid state materials. However, *in vivo* measurements are difficult because intracellular environments are complex non-equilibrium states and crowded with various proteins and organelles, in which theories of equilibrium statistical physics are often violated. Because physical measurements are often based on theorems of equilibrium statistical physics, the violation of the theorems is serious problem.

In our lab, we develop techniques to precisely measure physical quantities such as force, velocity and energy for proteins and organelle inside cells, based on fluorescence microscopy. We think development of analytical methods (software) using non-equilibrium statistical physics, information science and mathematics is significant as well as development of microscopes (hardware). We also aim to understand cellular phenomena quantitatively by constructing theoretical models using the measured physical quantities. We hope such theories can contribute to the understanding of neurological disorders particularly.



神経細胞内の物質輸送。モータータンパク質（順行輸送：キネシン、逆行輸送：ダイニン）によってシナプスの材料が輸送される。

Material transport in the axon of a neuron (anterograde transport: kinesin, retrograde transport: dynein). Synaptic cargos are transported by motor proteins.



ヒトiPS 由来ニューロンの蛍光イメージング

Fluorescence imaging of human iPSC-derived neurons



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/hayashi\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/hayashi_group.html)



## 小布施研究室 Obuse Group



客員准教授 小布施 秀明  
Visiting Associate Professor OBUSE, Hideaki

物理系が本質的に内包する対称性やトポロジカル相を反映する多様な物理現象についての理論研究を行なう。これらは、系に不純物や欠陥といった不規則性が存在しても保持されるため、不規則系における局在・非局在転移や臨界現象の解明において重要な役割を果たす。さらに、近年、開放系における対称性やトポロジカル相に関する研究が飛躍的に進展したことにより、これらの性質は物理学全体の発展において、ますます重要性を増している。このことから、開放系に特有の新規物理現象の予言・解明にも取り組んでいる。

また、理論研究に留まらず、得られた知見より予見される物理現象の実証実験にも力を入れている。特に、量子ウォークという離散時間量子時間発展を行う系の実証実験の提案を通じて、理論と実験との架け橋を築くことを目指している。このように、基礎理論から実験グループとの共同研究まで、多角的な視点で物理学の新たな可能性を追求している。

We are focused on theoretical research concerning diverse physical phenomena that exhibit symmetry and topological phases inherently present in physical systems. Since these properties are preserved even in the presence of impurities or defects, they take an important role in understanding localization-delocalization transitions and critical phenomena in disordered systems. Furthermore, recent significant advancements in the study of symmetry and topological phases in open quantum systems have highlighted the importance of these properties in various fields of physics. Thus, we aim to predict and clarify novel physical phenomena unique to open systems.

In addition, our work is not limited to theoretical research; we are also interested in experimental verification of physical phenomena anticipated based on the knowledge of our theoretical works. Specifically, we aim to bridge theory and experimentation through proposals for experimental verification using systems that implement discrete-time quantum dynamics known as quantum walks. In this way, we explore new possibilities in physics from foundational theories to collaborative research with experimental groups.

## 張研究室 Zhang Group



外国人客員教授 張 田田  
Visiting Professor ZHANG, Tian-Tian

私は、対称性、トポロジー、量子物質が交差する物理について第一原理計算や解析的理論を用いて探究している。これまで、全 230 の空間群に対する完全な対称性指標理論を構築し、バンドトポロジーの体系的な分類をおこない、高スループット計算による世界初のトポロジカル電子物質データベースを構築し、非磁性材料の 24% がトポロジカルであることを明らかにした。さらに、トポロジカルフォノンの理論を発展させ、関連物質を予測した。現在はカイラルフォノンおよびフロケフォノンに焦点を当てており、ISSP においては、岡教授のグループとともにこれらのテーマをさらに発展させ、特に非平衡フォノンダイナミクスおよびトポロジカルフォノン現象の解明に取り組んでいきたい。

My research explores the intersection of symmetry, topology, and quantum materials through first-principles calculations and single-particle theory. Key contributions include:

- Complete symmetry-based indicator theory for all 230 space groups, enabling systematic classification of band topologies.
- Built the first topological electronic materials database via high-throughput calculations, revealing that 24% of nonmagnetic materials are topological.
- Developed theory for topological phonons and predicted related materials, e.g., double-Weyl (FeSi), quadruple-Weyl (BaPtGe), and PT-protected nodal-line (MoB<sub>2</sub>) phonons, all experimentally confirmed.

My current research focuses on chiral phonons and Floquet phonons, where I have extended chiral phonon studies to 3D chiral crystals, investigated connections between Weyl phonons and chiral phonons, and collaborated to experimentally confirm truly chiral phonons in Te and  $\alpha$ -HgS. At ISSP, I look forward to advancing these topics with Prof. Oka's group, particularly exploring non-equilibrium phonon dynamics and topological phonon phenomena.



# 量子物質研究グループ

## Quantum Materials Group

物性物理学はこれまで、新しい物質、新しい現象、新しい概念の発見によって大きく発展してきた。物性研究所で活発に研究されている強相関電子系は、その顕著な例である。一方、研究のブレークスルーは多くの場合、分野の融合によって実現される。この考えをもとに、本研究グループは量子物質研究のさらなる飛躍を目指し、理論と実験の緊密な連携を核として、従来の研究部門の垣根を超えた共同・連携研究を推進するために新設された。当グループは2つのコアグループと12の連携グループから成り、互いに強く連携しながら、強相関電子系の新しい量子相や新しい機能性物質の開発を目指した研究を進めている。例えば、バルクや薄膜の試料を作製し、その精密物性測定を駆使してスピントロニクス機能の開拓に取り組んでいる。これらの実験研究は、新しいトポロジカルな量子相の開拓を行う理論チームとの協力を通じて、理論手法の開発とともに活発に進められている。

Condensed matter physics has progressed significantly through the discovery of new materials, new phenomena, and new concepts. A prime example is the research on strongly correlated electron systems, a traditional strength of the Institute for Solid State Physics (ISSP). Breakthroughs often occur at the intersection of various research fields. With this in mind, the Quantum Materials Group was established to foster interdisciplinary studies that enhance collaboration between experimental and theoretical groups, transcending traditional research disciplines. The group comprises two core groups and twelve joint groups, all of which vigorously pursue research to discover novel quantum phases and functional materials in correlated electron/spin systems. Their efforts include synthesizing new materials in bulk and thin-film forms and characterizing them using cutting-edge measurement systems. Additionally, device fabrication is undertaken for spintronics applications. These experimental endeavors are complemented by active discussions and close collaboration with theoretical groups, which employ advanced theoretical approaches and numerical methods to explore new topological phases.

---

グループ主任 三輪 真嗣  
Leader MIWA, Shinji

---

# 押川研究室

Oshikawa Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 場の理論の量子異常と量子相の分類  
Anomaly in quantum field theory and classification of quantum phases
- 2 非線形電気伝導の統一的理論  
Unified theory of nonlinear electrical conduction
- 3 ネットワーク上の電子状態と輸送現象  
Electronic states and transport phenomena on networks
- 4 新奇スピン液体の設計と探求  
Design and study of exotic spin liquids



教授 押川 正毅  
Professor OSHIKAWA, Masaki

専攻 Course

理学系物理学

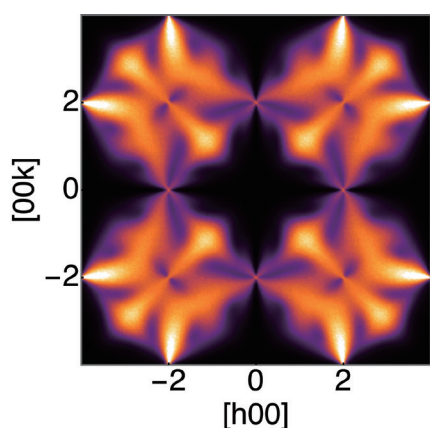
Phys., Sci.



助教 闫 寒  
Research Associate  
YAN, Han

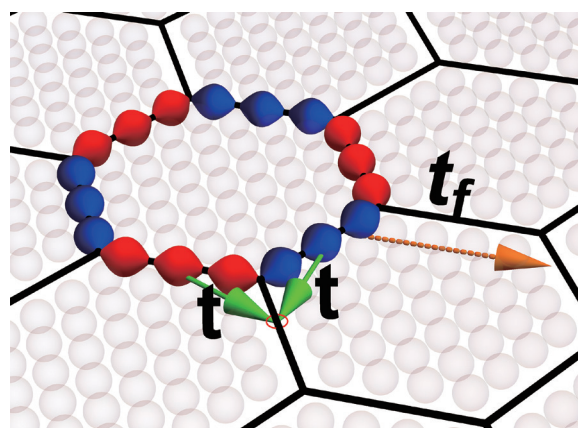
量子多体系の理論を中心として、広範な系で成立する普遍的な概念を探求している。最近の成果の例として、場の理論における量子異常を応用してギャップレスな臨界相の間に新たな分類が生じることを示し、量子相の分類に新たな展開をもたらした。また、理論的な新概念を踏まえて、実験結果の統一的な理解や、新たな実験に対する予言にも取り組んでいる。例えば、電荷密度波物質 1T-TaS<sub>2</sub> の電子状態を記述する量子細線のネットワーク模型を構築し、新たな機構によって対称性に保護される平坦バンドの出現を示した。さらに、フラストレート磁性体における高階ゲージ理論やフラクトントポロジカル相の実現と、その実験的帰結について研究を進めている。これらの研究の多くは、国際共同研究として推進している。

We pursue universal concepts in physics, especially in quantum many-body systems. As an example, based on anomaly in quantum field theory, we introduced a new classification of gapless quantum critical phases in the presence of symmetries. This opened up a new direction in classification of quantum phases. On the other hand, taking advantage of novel theoretical concepts, we also aim to give a unified picture on experimental data and to make testable predictions for experiments. For example, recently we introduced a “network model” of quantum wires in order to describe electronic states in the charge-density-wave material 1T-TaS<sub>2</sub> and demonstrated a realization of flat bands. Unlike most of the known constructions of flat bands, in our novel mechanism, the flatness is protected by symmetries and is robust. Furthermore, we investigate possible realizations of higher-rank gauge theories and fracton topological phases in frustrated magnets and their experimental consequences. Much of our research is carried out in international collaborations.



ブリージングパイロクロア格子上の磁性体のモンテカルロシミュレーションによるスピン構造因子。この模型は高階ゲージ理論を実現する。

Spin structure factor found in Monte Carlo Simulation of a magnet on a Breathing Pyrochlore lattice, which realizes a higher-rank gauge theory.



ネットワーク上の電子状態。対称性に守られた干渉効果により、平坦バンドの安定な出現が保証される。

Electronic states on a network. An interference effect protected by symmetries guarantees the robust appearance of flat bands.



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/oshikawa\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/oshikawa_group.html)



# 中辻研究室 Nakatsuji Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 トポロジカル磁性体の室温量子伝導  
Room-temperature topological transport in magnetic materials
- 2 強相関電子系における異常金属相と新しい超伝導体の開拓  
Strange metal behavior and unconventional superconductivity in strongly correlated materials
- 3 トポロジカル量子状態の制御によるスピントロニクスとエネルギーハーベスティング応用  
Manipulation of topological states for spintronics and energy harvesting applications



特任教授 中辻 知  
Project Professor NAKATSUJI, Satoru

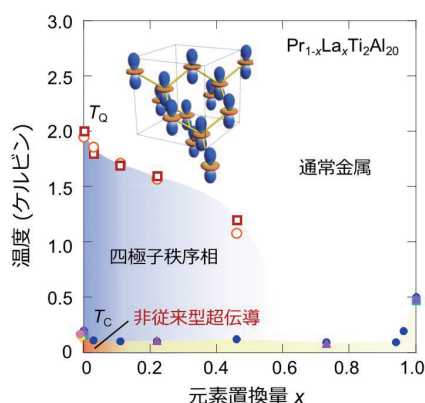
専攻 Course

理学系物理学

Phys., Sci.

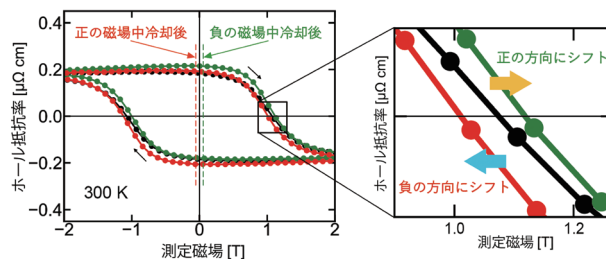
現在、磁性や超伝導、スピントロニクスといった分野が、トポロジーという概念によって再び整理・統合され、多くの新しい物理現象の発見に繋がっている。これらの物性物理の変革には、素粒子論、宇宙論、量子情報などで発展してきた概念が大きく関わっており、既存の分野の枠組みを超えた新しい視点での研究が重要になっている。私達の研究室では、そのような新しい概念を具現化する量子物質を自ら作り出し、世界最高精度の物性測定技術によってその背後にある物理法則の解明を目指して研究を行っている。それだけでなく、量子物質の驚くべき機能性をスピントロニクスやエネルギーハーベスティングに利用するための研究も行っており、産業界からも注目を集めている。

The condensed matter physics is considered one of the most versatile subfields of physics, embracing big ideas from particle physics, cosmology, and quantum information. Recently, the concept of topology has brought up a new era in condensed matter research that integrates a diverse spectrum of fields and topics, bridging basic science with technological innovations. Thus, it is critical to push beyond the traditional disciplines to establish new conceptual framework and to target at the significant problems. Our research activities focus on designing and synthesizing new materials with emergent quantum properties that have never been seen before, then exploring the physics and functionalities of such properties with our world-leading measurement facilities. Our goal is to lead the innovative quest for new quantum materials that bear a far-reaching impact not only on basic science but also on our everyday life in the future.



$\text{Pr}_{1-x}\text{La}_x\text{Ti}_2\text{Al}_{20}$  の低温相図。非従来型超伝導が強四極子秩序（挿入図）相内で現れる。[Nat. Commun. 16, 2114 (2025)]

Low temperature phase diagram for  $\text{Pr}_{1-x}\text{La}_x\text{Ti}_2\text{Al}_{20}$ . Unconventional superconductivity appears in the ferro-quadrupole ordered phase (inset). [Nat. Commun. 16, 2114 (2025)]



$\text{Mn}_3\text{Sn}/\text{MnN}$  積層膜の異常ホール抵抗率の磁場依存性。磁場中冷却後に冷却磁場の方位に依存した横方向のシフトが発生している（挿入図）。[Adv. Mater. 36 2400301 (2024)]

Field dependence of the anomalous Hall resistivity of the  $\text{Mn}_3\text{Sn}/\text{MnN}$  bilayer. The horizontal shift is induced after field cooling and its direction is determined by the sign of the cooling field (inset). [Adv. Mater. 36 2400301 (2024)]



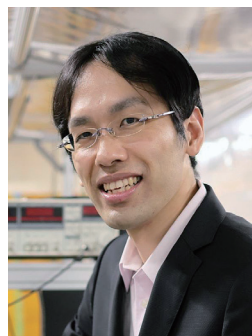
[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/nakatsuji\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/nakatsuji_group.html)

## 三輪研究室

Miwa Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 キラル分子スピントロニクス  
Chiral molecular spintronics
- 2 量子物質スピントロニクス  
Quantum material spintronics
- 3 フェムト秒パルスレーザーや放射光 X 線等のオペランド分光  
Operando spectroscopy using pulse laser and synchrotron radiation
- 4 スピンによる脳型コンピューティング  
Brain-inspired computing using spintronics



准教授 三輪 真嗣  
Associate Professor MIWA, Shinji

専攻 Course

新領域物質系

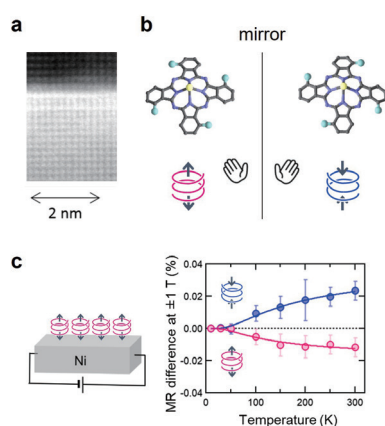
Adv. Mat., Frontier Sci.

特徴的なナノ構造を用いた物性実験研究を行っている。具体的には、半導体工学で発展した超高真空薄膜成長技術を駆使し、異種材料界面を持つ多層膜デバイスを用いて研究を行う。ナノの世界において「スピン」の性質が顕著に現れることに着目し、新物質・材料デバイスが示す新たな物性（物の性質）を見つけて機能化し、物理を把握して室温で大きな効果を示すデバイス物性の創成を目指している。

最近では物質のキラリティを利用した研究に注力している。キラリティは物理学だけでなく、化学、生物学、天文学でも共通して扱われる珍しい性質であり、特に有機分子のキラリティを用いたスピントロニクスデバイスの研究を進めている。また、量子物質であるトポロジカル反強磁性体のデバイス物性、フェムト秒パルスレーザーや X 線分光を用いた「オペランド分光」の開発なども行っている。

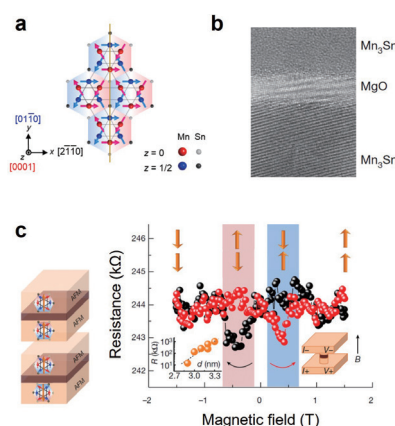
We are conducting experimental research on the physical properties of unique nanostructures. Specifically, we utilize ultrahigh vacuum thin film growth technology, a development from semiconductor engineering, to study multilayer devices composed of interfaces between different materials. Our focus is on the properties of “spin”, which become pronounced at the nanoscale. Our goal is to uncover new physical properties exhibited by novel material devices, to functionalize these properties, and to understand the underlying physics for creating device properties with significant effects at room temperature.

Recently, our research has concentrated on the chirality of materials. Chirality is a property that finds relevance not only in physics but also in chemistry, biology, and astronomy. We are especially progressing in research on spintronic devices that exploit the chirality of organic molecules. Additionally, we are investigating the device properties of topological antiferromagnetic materials—quantum materials—and developing “operando spectroscopy” techniques using femtosecond pulse lasers and X-ray spectroscopy.



キラル分子スピントロニクス: a, 特徴的なナノ構造の例。b, キラル分子と対称性。c, キラル誘起スピン選択性 (Chirality-induced spin selectivity: CISS) による熱励起スピン偏極の実証結果。

Chiral molecular spintronics: a, An example of a unique nanostructure. b, Chiral molecule and symmetry. c, Thermally driven spin polarization induced by chirality-induced spin selectivity (CISS).



量子物質スピントロニクス: a, トポロジカル反強磁性体  $\text{Mn}_3\text{Sn}$  のスピン及び結晶構造。b, 分子線エビタキシー法により作製した多層膜構造の電子顕微鏡写真。c, トポロジカル反強磁性体によるトンネル磁気抵抗効果。

Quantum materials spintronics: a, Spin and crystal structure of the topological antiferromagnet  $\text{Mn}_3\text{Sn}$ . b, Transmission electron microscope image of the multilayer structure of  $\text{Mn}_3\text{Sn}$  prepared by molecular beam epitaxy. c, Tunnel magnetoresistance of the topological antiferromagnet.





外国人客員教授 パク ビョンゲック  
Visiting Professor PARK, Byong-Guk

私たちの研究室はスピントロニクス材料及びデバイスの研究に注力しており、磁性ナノ構造における基礎物理の解明を進めている。スピントロニクスには、低消費電力の不揮発性メモリ、再構成可能なロジック、IoT センサーなど、多くの魅力的な応用が存在する。特に、私たちは「スピン軌道トルク (spin-orbit torques: SOTs)」と呼ばれる技術を研究している。これは磁気ランダムアクセスメモリ (magnetic random-access memory: MRAM) で用いられ、超高速かつ低エネルギー消費による磁化反転を可能にする。これまでに、強磁性 / 非磁性の二層膜を利用して、新たなスピン流生成材料を提案し、垂直磁化膜の無磁場反転を可能にする面直方向にスピン偏極を有する非自明な SOTs を実現した。そして、この技術をセキュリティデバイスや確率計算に応用している。

SOTs 以外にも、材料やデバイス開発を通じて、スピントロニクスデバイスの性能指数や機能性の向上に取り組んでいる。私たちは軌道流によるスピントルクや磁化の電界制御、スピン熱電効果、スピン Hall ナノ発振器、そして他の新興技術の研究も進めている。

Our Laboratory focuses on developing spintronic materials and devices and exploring the underlying physics of magnetic nanostructures. Spintronics offers exciting opportunities for various device applications including ultra-low power non-volatile memory, reconfigurable logic, IoT sensors, and so on. In particular, we investigate spin-orbit torques (SOTs), which enable ultrafast and energy-efficient magnetization switching, providing an effective writing scheme for magnetic random-access memory (MRAM). We have proposed new spin current source materials based on ferromagnet/non-magnet bilayers that generate unconventional SOTs with out-of-plane spin polarization, enabling field-free SOT switching of perpendicular magnetization. Furthermore, we have exploited this technology to implement spintronic security devices and probabilistic computing.

Beyond SOTs, we further develop novel materials and devices to enhance the spintronic device performance and functionality. Our research includes orbital current-induced spin torques, electric field control of the magnetization, spin thermoelectrics, spin Hall nano-oscillators, and other emerging technologies.





# 附属物質設計評価施設

## Materials Design and Characterization Laboratory (MDCL)

物質設計評価施設では、物質の設計 (Design)、物質の合成 (Synthesis)、合成された物質を総合的に調べる評価 (Characterization) の 3 種類の研究を「DSC サイクル」として有機的に連携させることにより、新しい物性・機能をもつ物質の開発を目指している。本施設は物質設計部(以下、設計部)と物質合成・評価部(以下、合成評価部)からなり、設計部には大型計算機室が、合成評価部には物質合成室、化学分析室、X線測定室、電子顕微鏡室、電磁気測定室、光学測定室、高压合成室、高压測定室の 8 実験室がある。設計部では、物性専用スーパーコンピュータを駆使して原子間の相互作用によって生み出されるさまざまな協力現象を解明しつつ新物質の設計を行い、合成評価部ではさまざまな物質の合成、その化学組成の分析や結晶構造評価を行うとともに、新しく開拓された物質群の電氣的・磁氣的・光学的性質の総合評価を行っている。本施設の全国共同利用は、物質設計評価施設運営委員会により運用されている。

The aim of MDCL is to promote materials science through the cycle of three research phases, Design, Synthesis, and Characterization, which we call the “DSC cycle”. The MDCL consists of two divisions; Materials Design Division (MDD) and Materials Synthesis and Characterization Division (MSCD). Supercomputer Center (SCC) of ISSP belongs to MDD, while MSCD has eight sections for joint-use; Materials Synthesis Section, Chemical Analysis Section, X-Ray Diffraction Section, Electron Microscope Section, Electromagnetic Measurements Section, Spectroscopy Section, High-Pressure Synthesis Section, and High-Pressure Measurement Section. In MDD, we explore novel mechanisms behind various cooperative phenomena in condensed matter by making use of its supercomputer system, and develop theoretical designs of new materials as well as materials with new nanoscale structures. In MSCD, we synthesize various types of new materials, develop single crystals, and characterize the structural, electromagnetic, and optical properties of the materials by employing various methods. Almost all the facilities of the MDCL are open to domestic scientists through the User Programs conducted by the Steering Committees of the MDCL.

---

施設長 岡本 佳比古  
Leader OKAMOTO, Yoshihiko

---

# 岡本研究室 Okamoto Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 特異な量子現象・革新的な電子機能を示す結晶性固体の新物質探索  
Exploration of new materials that exhibit novel quantum phenomena and innovative electronic functions
- 2 新奇  $d$  電子系物質の開拓  
Exploration of novel  $d$ -electron systems
- 3 際立った電子物性を示す物質開拓手法の確立  
Development of methods to find novel materials that exhibit outstanding electronic properties



教授 岡本 佳比古  
Professor OKAMOTO, Yoshihiko

専攻 Course

新領域物質系

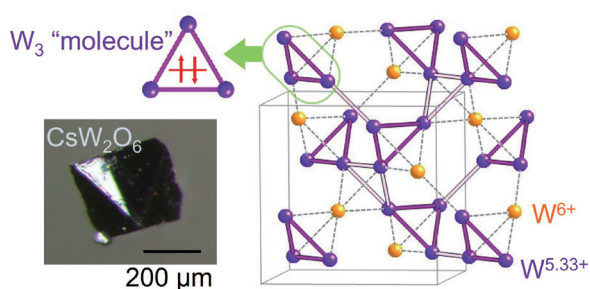
Adv. Mat., Frontier Sci.



助教 大熊 隆太郎  
Research Associate  
OKUMA, Ryutaro

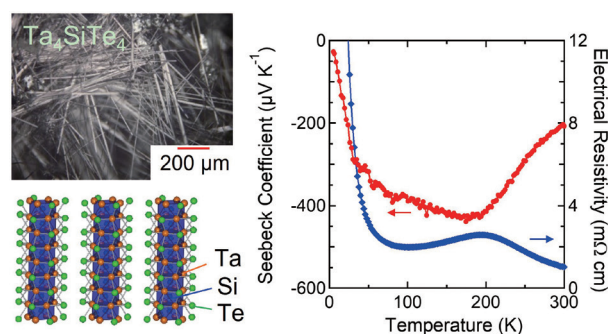
新物質の発見は、物質の性質を理解する学問：物性物理学の進化に大きく貢献する可能性をもつ。我々の研究グループでは、新奇な量子現象や革新的な電子機能を示す結晶性固体の新物質の発見を目指す。遷移金属を含む無機化合物を中心に、あらゆる元素を含む物質を対象として、超伝導、磁性、エネルギー変換、電子自由度、体積機能、幾何学的フラストレーション、トポロジ、スピン軌道結合といった様々なキーワードを見据えながら、様々な合成手法を組み合わせた物質開拓を行うことによりこの目標を達成する。例えば、非常に高い対称性を有しながら複雑な結晶構造をもつ新物質や、究極の低次元結晶といえる新物質を創ることで、変わった性質を示す新超伝導体、高効率なエネルギー変換材料、これまでにない電子スピンの配列をもつような新奇磁性体を開拓する。

The discovery of a new material has a potential to trigger the evolution of condensed matter physics. We aim at discovering new materials of crystalline solids that exhibit novel quantum phenomena and innovative electronic functions. The main target is inorganic compounds containing transition metal elements. We will explore novel materials by using various synthetic methods with various keywords, such as superconductivity, magnetism, energy conversion, electronic degrees of freedom, volumetric functions, geometrical frustration, topological properties, and spin-orbit coupling in mind. For example, by exploring novel materials with a very high symmetry but a complex crystal structure or those with an ultimate low-dimensional crystal structure, we will find unconventional superconductors, high-performance energy conversion materials, and unique magnetic materials that have an unprecedented spin arrangement.



立方晶物質  $\text{CsW}_2\text{O}_6$  における正三角形の“分子”形成。

Regular-triangular “molecule” formation in a cubic material  $\text{CsW}_2\text{O}_6$ .



低温で高い熱電変換性能を示す新材料候補：一次元ファンデルワールス結晶  $\text{Ta}_4\text{SiTe}_4$ 。

A thermoelectric material for low temperature applications: one-dimensional van der Waals crystal  $\text{Ta}_4\text{SiTe}_4$ .



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/okamoto\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/okamoto_group.html)

# 尾崎研究室

Ozaki Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 第一原理電子状態計算における高精度・高速計算手法の開発  
Development of efficient and accurate methods for first-principles electronic structure calculations
- 2 OpenMX の開発と公開  
Development of the OpenMX software package
- 3 X線分光スペクトル計算手法の開発  
Development of first-principles methods for X-ray spectroscopies
- 4 物質表面・2次元物質の第一原理電子状態計算  
First-principles calculations of surfaces and two-dimensional structures



教授 尾崎 泰助  
Professor OZAKI, Taisuke

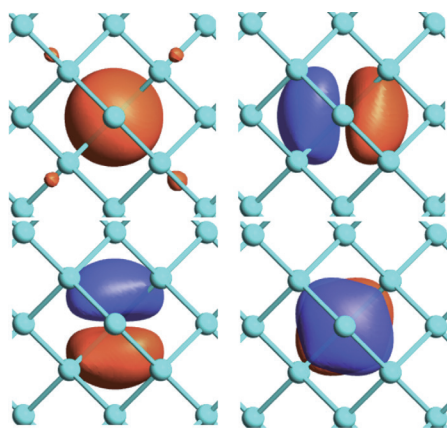
専攻 Course

理学系物理学

Phys., Sci.

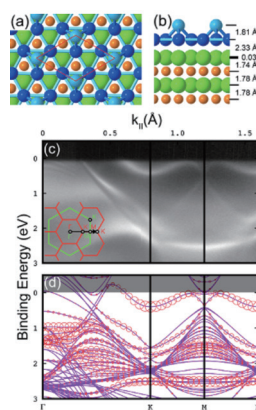
超並列計算機の発展と物質科学の精密化に伴い、第一原理電子状態計算の重要性が増している。我々は密度汎関数理論に基づき、現実に近い系をより精密に取り扱うための新しい計算手法・ソフトウェアパッケージ OpenMX の開発に取り組んでいる。汎用性の高い原子様基底関数法を基盤として、局在自然軌道に基づくオーダー N 分割統治法、修正再帰二分法による領域分割法、最小通信量を持つ高速フーリエ変換並列化法など、様々な高速計算手法を開発し、実験と直接比較できるシミュレーションを可能とした。近年は内殻電子の絶対束縛エネルギーの計算手法、最近接ワニエ関数法、機械学習ポテンシャル法、交換相関汎関数の開発に取り組み、第一原理計算のさらなる進展を目指している。また物質表面や二次元構造の第一原理シミュレーションにも取り組み、実験グループとの共同研究を行っている。

With the development of supercomputers and the refinement of materials science, the importance of first-principles electronic structure calculations has been increasing. We are engaged in developing a new computational method and software package, OpenMX, based on density functional theory, to precisely handle systems close to reality. Based on the versatile atomic-like basis function method, we have developed various efficient computational methods, such as the order-N divide-and-conquer method based on localized natural orbitals, the atom decomposition method by modified recursive bisection, and the Fast Fourier Transform parallelization method with minimal communication volume, enabling simulations that can be directly compared to experiments. Recently, we have been working on the development of calculation methods for the absolute binding energy of core electrons, the closest Wannier function method, machine learning potential methods, and the development of exchange-correlation functionals, aiming for further advances in first-principles calculations. We are also engaged in first-principles simulations of material surfaces and two-dimensional structures, conducting joint research with experimental groups.



最近接ワニエ関数法で得られた Si 固体のワニエ関数。原子基底の形状を保持している。

Wannier functions of Si bulk calculated by the closest Wannier function method, almost keeping the shape of atomic orbitals.



(a) 及び (b) 第一原理計算により求められた  $\text{ZrB}_2$  上 Ge 層の二重三角格子構造。(c) 角度分解光電子分光の結果と、(d) バンド構造の計算結果が良く一致することから、構造モデルの妥当性が認められる。

(a), (b) Bitriangular structure of Ge determined by DFT calculations. (c) Angle-resolved photoemission spectrum (ARPES) of the bitriangular structure. (d) Unfolded band structure of the bitriangular structure which well reproduces the ARPES measurement.



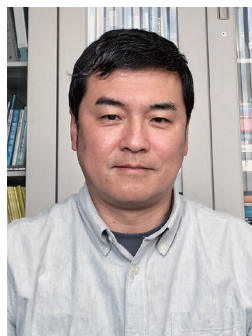
[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/ozaki\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/ozaki_group.html)

## 川島研究室

Kawashima Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 統計力学モデルの諸性質の解明  
Statistical mechanical models
- 2 多体問題の数値解法の研究  
Numerical methods for many-body physics
- 3 臨界現象の一般論  
General theory of critical phenomena
- 4 物性理論における計算量の理論  
Computational complexity in condensed matter physics



教授 川島 直輝  
Professor KAWASHIMA, Naoki

専攻 Course

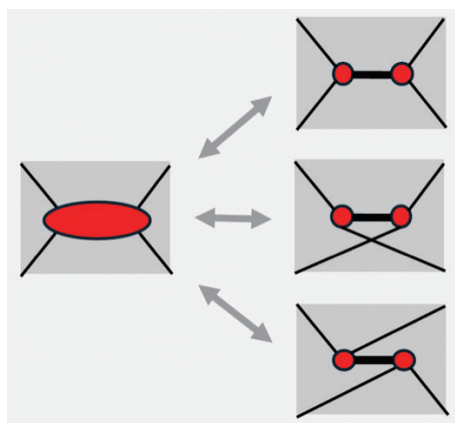
理学系物理学

Phys., Sci.



助教 高橋 惇  
Research Associate  
TAKAHASHI, Jun

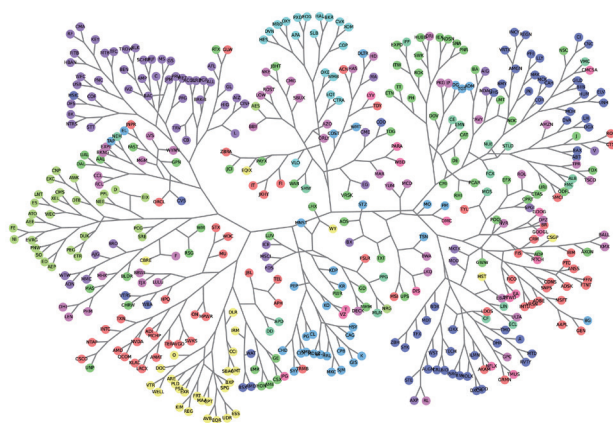
最近、人工知能／機械学習／量子計算などの流行で社会的にも計算機に注目が集まっているが、我々の研究グループでは計算統計力学の方法に含まれる数理的コアを明らかにし、新しい手法を開発することを基本に研究を進めている。その応用として、統計力学の未解決問題の解明や強相関量子系における実験研究との比較計算などを行っている。そこで用いられる量子モンテカルロ法やテンソルネットワーク法はボルツマンマシンやデータ圧縮を通じてデータ科学とも接点を持っている。とくにテンソルネットワーク法は近年急速に発展してきているが、我々は、この手法の一般的なデータ解析への応用の可能性を探求している。例えば、ツリー型テンソルネットワークによって、与えられた多変数サンプル集合からそれを実現する確率分布関数を獲得する生成モデルを構築することに成功した。この生成モデルは、ネットワーク構造を自動最適化するところに特徴があり、新しいタイプの機械学習の可能性を拓くものと期待している。



ツリーの基本変形。3通りの可能性から中央の枝が担う情報流を最小にするものを選ぶ。このような枝のつなぎ換えをツリーの各部分に巡回的に繰り返し適用することで、ツリーの構造を最適化してゆく。

A basic transformation of a tree. From the three possibilities, choose the one that minimizes the information flow carried by the central branch. By repeatedly applying this type of branch reconnection to each part of the tree, the tree structure is optimized.

Recently, the popularity of artificial intelligence, machine learning, and quantum computing has drawn a lot of attention to computers in society. Our research group is conducting research to clarify the mathematical core of computational statistical mechanics and developing new methods. As applications of these methods, we are trying to solve various problems in statistical mechanics and strongly correlated electron systems to compare with experimental research. The quantum Monte Carlo method and tensor network method used there also have connections with data science through Boltzmann machines and data compression. In particular, the tensor network method has been developing rapidly in recent years, and we are exploring the possibility of applying this method to general data analysis. For example, we have succeeded in constructing a generative model using a tree-type tensor network that acquires a probability distribution function that realizes a given multivariate sample set. This generative model is characterized by its automatic optimization of the network structure, and we hope that it will open up new possibilities for machine learning.



米国株価指標 S&P500 に含まれる銘柄の騰落パターンの学習から生成されたツリー構造。業種ごとに色分けされている。同じ業種がツリー上でも近くに来ている様子が分かる。(©2025 Kenji Harada)

A tree structure generated by learning the rise and fall patterns of stocks included in the US stock index S&P 500. They are color-coded by industry category. We can see that stocks in the same category are close to each other on the tree. (©2025 Kenji Harada)



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kawashima\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kawashima_group.html)



# 北川研究室 Kitagawa Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 圧力誘起のエキゾチック超伝導と新奇量子磁性相の探索  
Search for pressure-induced exotic superconductivity and novel quantum magnetism
- 2 固体量子センサ等を用いた光検出高圧下先端測定技術の開発  
Development of advanced optical-sensing methods under pressure using quantum sensors with solid-state systems
- 3 多種の電子物性測定を可能にする大容積超高压発生装置の開発  
Development of large-space ultrahigh-pressure device for realization of multi-purpose electronic property measurements



准教授 北川 健太郎  
Associate Professor KITAGAWA, Kentaro

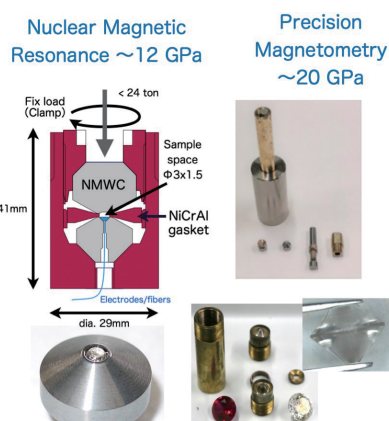
専攻 Course  
理学系物理学  
Phys., Sci.



助教 清水 悠晴  
Research Associate  
SHIMIZU, Yusei

近年、水素化合物や Ni 化合物の高温超伝導体が発見されるなど、高圧環境は超伝導研究のフロンティアである。それだけでなく、圧力は物質の基底状態を研究するための基礎的なパラメータである。一方で、これまでは超高压力で観測困難な物理量が多く、あまり磁性研究はされていない。固体中ではスピン軌道結合と電子相関、多体効果等のバランスにより奇妙な電子相が創り出させることがある。磁気量子臨界点近傍の異方的超伝導や量子スピン液体が例であるが、高圧下で生じるこれらが発掘・実証するには、やはり、スピンの自由度、磁性を観測することが非常に重要となる。当研究室は最先端の超高压下精密磁化測定と核磁気共鳴法を用いて強相関電子系の量子相転移を研究するだけでなく、光をプローブとした固体量子センシングなどの先端技術を用いて従来の物理量と磁気物理量を同時観測可能な新しい高圧力発生装置を開発している。

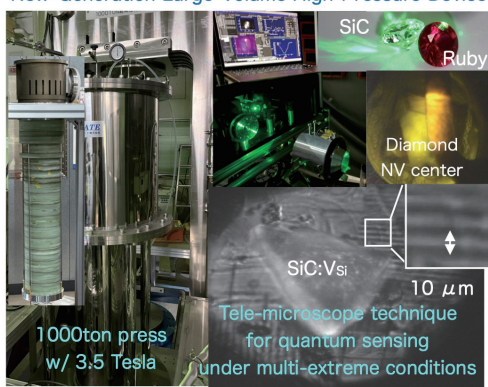
Materials development under pressure has attracted a lot of attention, as demonstrated by recent discoveries of hydride and Ni-based high-temperature superconductors. Moreover, pressure is one of the fundamental parameters for changing the ground state of a material, leading to material characterization. However, magnetic properties under pressure have been little investigated due to difficulties in the detection methods inside pressure cells. Unconventional superconductivities in the vicinities of magnetic quantum critical points, or quantum spin liquids are examples of novel and exotic electronic states caused by a combination of spin-orbit coupling, electronic correlations, multi-body effects, and so on. To understand these states deeply, direct observations for spin degrees of freedom, or for magnetism, are highly desired. Our group aims to study strongly correlated electron systems by use of state-of-the-art ultrahigh-pressure precision magnetometry and nuclear magnetic resonance methods. Besides, we are developing a new high-pressure device that enables us to observe conventional and magnetic properties simultaneously by application of advanced optical detection techniques, including quantum sensing with solid-state systems.



独自開発の超高压下先端測定技術。(左) 核磁気共鳴用高圧セル。実用的な NMR 測定を可能にした。(右) 精密磁化測定技術。ニッケル酸化物高温超伝導のマイスナー効果測定や 2 GPa 以上の常磁性磁化率測定で活躍。

Newly developed measurement techniques under ultrahigh pressure. (Left) High-pressure cell for NMR measurement, realizing practical NMR measurement and in-situ fluorescence measurement. (Right) High-pressure cell for precision magnetometry, capable of sensing paramagnetic susceptibility even above 2 GPa.

## New-Generation Large-Volume High-Pressure Device



25 年度に建造中のマルチ物理量観測超高压装置。過去最大の試料室体積を実現するハイブリッドアンビル技術と光検出磁気共鳴等の先端測定手段により、伝導、磁化、比熱、光物性の複数試料同時測定を可能にする。

The multi-purpose ultrahigh-pressure device, under construction this FY. Our hybrid-anvil technique realizes the largest-ever sample space, and combination with advanced measurement techniques such as optically-detected magnetic resonance enables us a simultaneous characterization of many samples and many physical properties, transport, magnetization, specific heat, and optical properties.



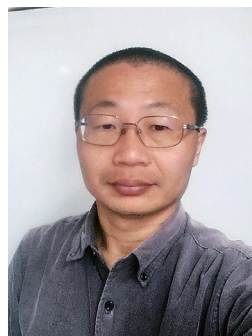
[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kitagawa\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kitagawa_group.html)

# 野口研究室

Noguchi Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 生体膜の非平衡ダイナミクス  
Non-equilibrium dynamics of biomembrane
- 2 細胞、脂質ベシクルの形態形成  
Shape transformation of cells and lipid vesicles
- 3 複雑流体のダイナミクス  
Dynamics of complex fluids
- 4 アクティブマターの協同現象  
Self-organization of active matter



准教授 野口 博司  
Associate Professor NOGUCHI, Hiroshi

専攻 Course

理学系物理学

Phys., Sci.



助教 中野 裕義  
Research Associate  
NAKANO, Hiroyoshi

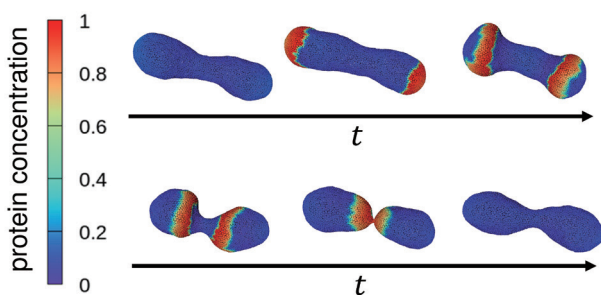
ソフトマター、生物物理を理論、計算機を駆使して研究している。特に、生体膜や細胞の構造形成、複雑流体、アクティブマターのダイナミクスの解明に力を入れている。そのためシミュレーション手法の開発、改良も行っている。

例えば、赤血球や脂質膜からなる小胞のさまざまな環境下での形態変化を調べている。これまで、流れによる赤血球のパラシュート状やスリッパ状への変形や、曲率誘導タンパク質の吸着、化学反応による生体膜の形態変化などを明らかにしている。特に非平衡下でのダイナミクスを研究している。

また、アクティブマターにおける相転移や時空間パターン、高分子溶液や気泡形成を伴う流れなど通常のナビエーストークス方程式に従わない流体のダイナミクスをスパコンを用いた大規模シミュレーションを駆使して研究している。

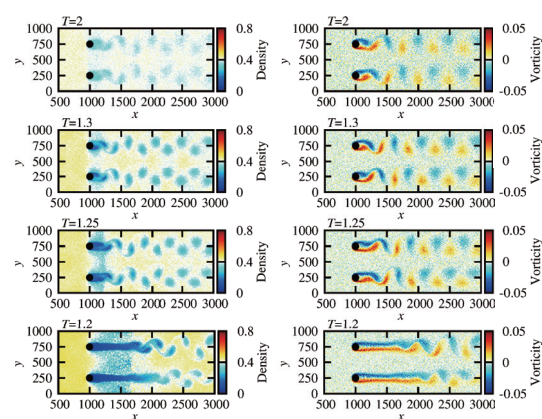
We study soft-matter physics and biophysics using theory and simulations. Our main targets are the structure formation of biomembrane and the dynamics of complex fluids and active matter under various conditions. We develop coarse-grained membrane models, hydrodynamics simulation methods, and the calculation method of material properties.

We found the shape transitions and dynamic modes of red blood cells and lipid vesicles in shear and capillary flows using mesoscale hydrodynamic simulations: discocyte-to-parachute transition, tank-treading, and swinging, etc. We also clarified the shape transformation of membrane induced by curvature-inducing proteins using coarse-grained membrane simulations: membrane tubulation by banana-shaped proteins (BAR superfamily proteins, etc.), budding by laterally isotropic proteins, and the coupling of membrane deformation, chemical reaction, and protein diffusion in membrane (traveling wave and Turing pattern). Membranes exhibit characteristic patterns and fluctuations out of equilibrium. Moreover, we investigated phase transitions of active matter and fluid dynamics of polymer solution and cavitation in the Karman vortex and sound-wave propagation using massively parallel simulations.



曲率誘導タンパク質の反応拡散波に伴うベシクルの形態の時間変化。くびれ形成を周期的に繰り返す。赤色の領域は曲率誘導タンパク質の濃度が高い。

Sequential snapshots of a shape-oscillation vesicle. Budding repeatedly occurs, accompanied by the traveling wave of bound proteins. Color indicates the concentration of the curvature-inducing protein.



周期的に並んだ円筒後方のカルマン渦は上図のように隣り同士で逆位相に同期する。温度Tを下げると、キャビテーションが起こり、気体の層が形成されている。左図は密度、右図は渦度を示す。

Cavitation in Karman vortex behind cylinder arrays.



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/noguchi\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/noguchi_group.html)

# 廣井研究室

Hiroi Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 新しい量子物質の探索  
Search for new quantum materials
- 2 スピン軌道結合金属の研究  
Physics of the spin-orbit-coupled metal
- 3 混合アニオン化合物における物質開発と新奇物性開拓  
Chemistry and physics of mixed-anion compounds



教授 廣井 善二  
Professor HIROI, Zenji

専攻 Course

新領域物質系

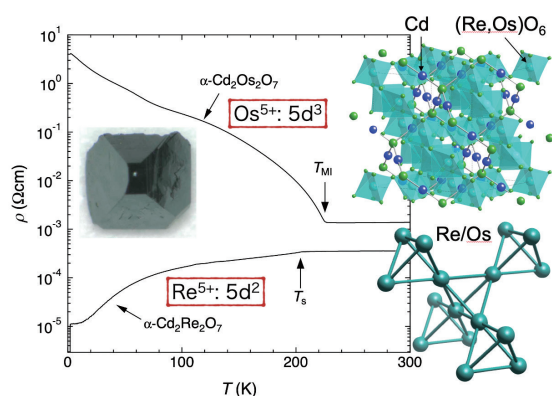
Adv. Mat., Frontier Sci.

高温超伝導の発見とその後の研究の流れは、新物質の発見が如何に物性物理学に大きなインパクトを与えるかを如実に示した。その波紋は超伝導研究のみならず、強相関電子系一般における局在 - 非局在の概念の確立、磁性と伝導性の興味深い相関、スピン軌道相互作用を起源とする様々な現象、特殊なバンド構造に起因する非対角応答などの研究へと大きな広がりを見せている。新物質探索を通して未知の物理現象を見出し、物性物理学の新しい方向を切り開くことは今後ますます重要になると考えられる。

本研究室では、様々な遷移金属化合物の構造と物性の間にみられる相関に着目しながら、新物質探索を行い、強相関電子系の物質科学の面白さを研究している。特に最近では、重い 5d 電子系や複数の陰イオンを含む混合アニオン化合物を中心に研究を展開している。

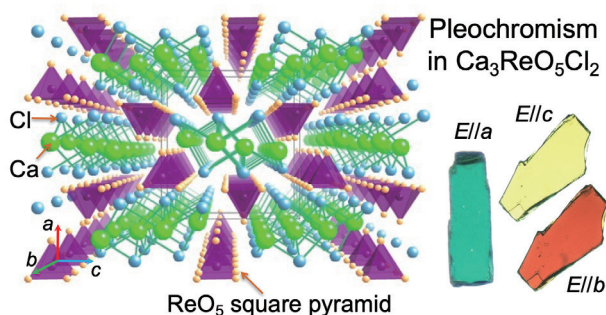
The discovery of high-temperature superconductivity and the subsequent flow of research clearly show how the discovery of new materials has a great impact on condensed matter physics. The ripples are not limited to superconductivity research, but expanded greatly to the establishment of the concept of itinerant-localization in strongly correlated electron systems and interesting correlations between magnetism and conductivity. Moreover, various phenomena originating from spin-orbit interaction and off-diagonal responses due to specific band structures have been focused. It will be more important in the future to discover unknown physical phenomena through the search for new materials and to open up new directions in condensed matter physics.

In our laboratory, we are searching for new materials while paying attention to the correlation between the structure and physical properties of various transition metal compounds, and are enjoying the fantastic materials science. In particular, recently, we have been focusing on heavy 5d electron systems and mixed anion compounds containing multiple anions.



5d 金属パイロクロア酸化物  $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$  は 230 K で時間反転対称性を破り、四面体クラスター磁気八極子秩序を形成して絶縁体となる。 $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$  は 200 K 以下で空間反転対称性を失って遍歴クラスター電気トロイダル四極子秩序を示す。

Two 5d pyrochlore oxides.  $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$  exhibits a metal-insulator transition at 230 K to a tetrahedral-cluster magnetic octupole order with losing time reversal symmetry, while an itinerant electric toroidal quadrupole orders are realized below 200 K in  $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$  with spontaneous spatial inversion symmetry breaking.  $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$  is a spin-orbit-coupled metal candidate.



多色性を示す混合アニオン化合物  $\text{Ca}_3\text{ReO}_5\text{Cl}_2$ 。  
Mixed-anion compound  $\text{Ca}_3\text{ReO}_5\text{Cl}_2$  showing pleochroism.



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/hiro\\_i\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/hiro_i_group.html)



## 山浦研究室

Yamaura Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 結晶構造の観点から行う物性研究  
Research of physical properties from the viewpoint of crystal structure
- 2 量子ビームを用いたマルチプローブ・マルチスケール解析  
Multi-probe and multi-scale analysis using quantum beams
- 3 新機能性材料の学理と探索  
Science and exploration of new functional materials



准教授 山浦 淳一  
Associate Professor YAMAURA, Jun-ichi

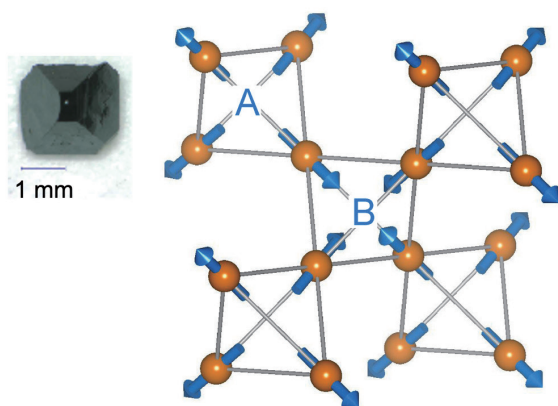
専攻 Course

新領域物質系

Adv. Mat., Frontier Sci.

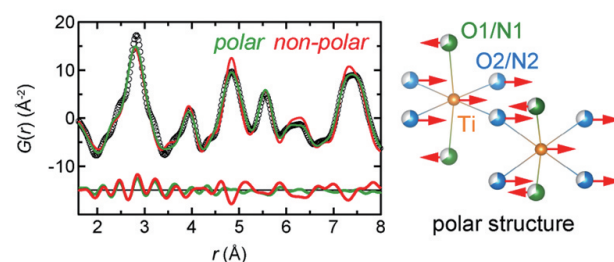
私たちの研究室では、機能性材料の構造物性研究を行なっている。構造物性とは、物質研究の出発点となる結晶構造をベースに物質の性質を明らかにする分野である。実験室系だけでなく、放射光や中性子などの様々な量子ビームを多角的に活用し、かつ、幅広い原子スケールで物質の様々な側面を明らかにする量子マルチプローブ・マルチスケール解析を行い、機能発現機構の本質を理解することに努めている。扱う対象は、新規の超伝導体や磁性体などの基礎材料から、誘電体、半導体、太陽電池などの応用材料まで幅広く手掛けている。機能解明だけでなく、より高い性能を引き出すにはどうすればよいかも考えつつ、「作って測って楽しい研究」をモットーに日々の研究を進めている。

Our laboratory conducts research on the structural physics of functional materials. Structural physics is a field that clarifies the properties of materials based on the crystal structures, which are the starting point for materials research. By utilizing not only laboratory systems but also various quantum beams like synchrotron radiation and neutrons from multiple perspectives, we work to understand the fundamentals of the mechanism of functional expression through quantum multi-probe and multi-scale analysis that reveals various aspects of materials on a wide range of atomic scales. We focus on a broad range of topics, including practical materials like dielectrics, semiconductors, and solar cells as well as fundamental materials like new superconductors and magnetic materials. Under the guiding principle of "research that is pleasant to create and measure," we do our everyday research while considering how to clarify functions and achieve improved performance.



金属絶縁体転移を起こす  $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$  おいて  $-46^\circ\text{C}$  以下で出現する all-in-all-out と呼ばれる非常に対称性の高い美しいスピン配列。放射光を用いた共鳴 X 線磁気散乱で明らかにされた。

A highly symmetric and beautiful spin arrangement called all-in-all-out appears below  $-46^\circ\text{C}$  in  $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$ , which undergoes a metal-insulator transition. Resonant X-ray magnetic scattering using synchrotron radiation revealed this spin arrangement.



中性子を用いた 2 体相関分布関数解析 (左) から導き出した高誘電体  $\text{LaTiO}_2\text{N}$  の極性 (polar) ナノ構造 (右)。矢印は非極性 (non-polar) 構造からの変位を示している。

Two-body correlation distribution function analysis using neutrons (left). Polar nano-region of high-k dielectric  $\text{LaTiO}_2\text{N}$  (right). The arrows indicate the displacement from the non-polar structure.





## 吉見チーム Yoshimi Team



特任研究員 (PI) 吉見 一慶  
Project Researcher (PI) YOSHIMI, Kazuyoshi

大規模計算機室では、物性研究所が管理・運用しているスーパーコンピュータをより簡便に活用できるよう、2015 年度よりソフトウェア開発・高度化プロジェクト (PASUMS) を開始している。本チームでは、本プロジェクトに採択されたプログラムの開発・高度化を実施し、オープンソースソフトウェアとして公開するとともに、講習会支援などの普及活動を行っている。また、高度化されたソフトウェアを活用し、有機伝導体を中心に第一原理計算と組み合わせた有効モデルの構築とその解析や、ベイズ最適化・モンテカルロ法を活用した実験データ解析や有効モデルパラメータの推定などに取り組んでいる。また、高度化ソフトウェアを活用した研究に加え、情報処理技術に着目し、スパースモデリングを活用した量子モンテカルロ法で得られたデータの解析や、機械学習を用いた新物質探索に向けた応用研究などにも取り組んでいる。

From the 2015 fiscal year, the supercomputer center has started the project for the advancement of software usability in materials science to enhance the usability of the supercomputer system of ISSP. We develop and enhance the usability of programs adopted in this project, release them as open-source software, and support dissemination activities such as supporting hands-on lectures. In addition to these activities, using the developed software packages, we theoretically study research subjects such as the derivation and analysis of experimental data and the estimation of effective model parameters using Bayesian optimization and Monte Carlo methods. We also focus on information processing and have been trying to apply this technique to materials science such as analyzing data obtained by the quantum Monte Carlo method by the sparse modeling method and searching new materials using machine learning methods.

[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/yoshimi\\_team.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/yoshimi_team.html)



## リー研究室 Lee Group



外国人客員教授 リー ヒュンヨン  
Visiting Professor LEE, Hyun-Yong

私の研究では、量子多体系、特に物質のトポロジカル相の理論的および数値的研究に焦点を当てている。私は密度行列繰り込み群や PEPS 状態などのテンソルネットワークアルゴリズムを専門としており、これらは強相関系における量子状態の効率的な表現を提供するものである。これらの方法により、フォールトトレラントな量子コンピューティングにおいて重要な役割を果たすエニオン励起や位相的秩序などのエキゾチックな量子相の探究が可能になる。

My research focuses on the theoretical and numerical study of quantum many-body systems, particularly topological phases of matter. I specialize in tensor network algorithms, including Density Matrix Renormalization Group and Projected Entangled Pair States, which provide efficient representations of quantum states in strongly correlated systems. These methods enable the exploration of exotic quantum phases, such as anyonic excitations and topological order, which play a crucial role in fault-tolerant quantum computing.

## バラザ ロペス研究室

Barraza-Lopez Group

外国人客員教授 バラザ ロペス サルバドール  
Visiting Professor BARRAZA- LOPEZ, Salvador

材料物理学者として、実験的研究に従事する研究者や解析的手法を重視する理論家との交流を軸に研究を進めている。これまで二次元材料の物理的特性に着目し、構造と機能の相関解明において重要な貢献を果たしてきた。これらの研究成果は、後に二次元強誘電体という新たな分野への発展がある。この研究において、局在基底を用いる密度汎関数理論コード SIESTA の改良を実施した。尾崎教授は、局在基底に基づく第一原理計算ツール OpenMX コードの主要開発者であり、物性研においては SIESTA コードに光学的第二次高調波発生の強度計算手法を実装した後に、さらに OpenMX への移植を計画している。また、物性研内で二次元材料に取り組む研究者との交流を一層深めることを期待している。

I am a materials physicist who loves conversing with experimentalists and with theoreticians who have analytical backgrounds. Most of my work is concerned with the properties of two-dimensional materials, and I was an early proponent of structural modifications of those materials (those ideas eventually spanned a field of two-dimensional ferroelectrics). In reaching those conclusions, I have made modifications to the SIESTA density functional theory code, which relies on a localized basis set. Professor Taisuke Ozaki is the lead developer of the OpenMX code, a tool for first principles calculations based on another type of localized basis. At Tokyo, I intend to finalize an implementation of optical second harmonic generation into the SIESTA code, and to port it into OpenMX. I also look forward to interacting with Professor Ozaki and additional colleagues at the ISSP working on two-dimensional materials.

## 物質設計部 (Materials Design Division)

## 大型計算機室

Supercomputer Center

## 担当所員 川島 直輝

Chairperson  
KAWASHIMA, Naoki

## 担当所員 尾崎 泰助

Contact Person  
OZAKI, Taisuke

## 担当所員 杉野 修

Contact Person  
SUGINO, Osamu

## 担当所員 野口 博司

Contact Person  
NOGUCHI, Hiroshi

## 特任研究員 (PI) 吉見 一慶

Project Researcher (PI)  
YOSHIMI, Kazuyoshi

## 技術専門員 矢田 裕行

Senior Technical Specialist  
YATA, Hiroyuki

## 技術専門職員 福田 毅哉

Technical Specialist  
FUKUDA, Takaki

## 技術専門職員 本山 裕一

Technical Specialist  
MOTOYAMA, Yuichi

## 学術専門職員 荒木 繁行

Project Academic Specialist  
ARAKI, Shigeyuki

## 特任研究員 青山 龍美

Project Researcher  
AOYAMA, Tatsumi

助教 福田 将大

Research Associate  
FUKUDA, Masahiro

助教 井戸 康太

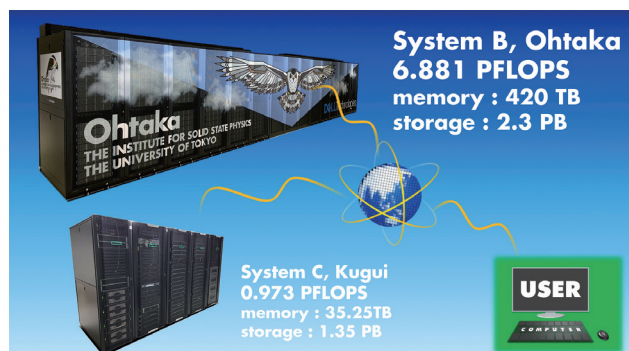
Research Associate  
IDO, Kota

大型計算機室では計算物性物理学専用のスーパーコンピュータシステムを、スーパーコンピュータ共同利用委員会の審議に基づき全国の物性研究者の共同利用に供している。現有システムは、2020年10月に運用開始した主システム(システムB (ohtaka))、および2022年6月に運用開始した副システム(システムC (kugui)) からなる複合システムである。システムのベンダーとの密な連絡によって高度なシステム性能を維持するとともに、全国ユーザからの相談にきめ細かく応じながら、システムの管理運用を行っている。スーパーコンピュータの利用申請については、ホームページ (<https://mdcl.issp.u-tokyo.ac.jp/scc/>) を参照されたい。また、2015年度から上記スーパーコンピュータシステムのより高度な利用を促進するためソフトウェア開発・高度化支援プログラム(PASUMS)を実施し、ユーザからの提案に基づき毎年2、3件のソフトウェア開発を行っている。

## 主要設備

System B (ohtaka): Dell PowerEdge C6525/R940 (1680 CPU nodes of AMD EPYC 7702 (64 cores) and 8 FAT nodes of Intel Xeon Platinum 8280 (28 cores) 総理論演算性能 6.881 PFLOPS)

System C (kugui): HPE Apollo 2000 Gen10 Plus/HPE Apollo 6500 Gen10 Plus (128 CPU nodes of AMD EPYC 7763 (128 cores) and 8 ACC nodes of AMD EPYC 7763 (64 cores) 総理論演算性能 0.973 PFLOPS)



物性研究所共同スーパーコンピュータシステム構成図

The Supercomputer System at the SCC-ISSP.

The Supercomputer Center (SCC) operates a supercomputer system available to all researchers of condensed matter physics in Japan. One can submit a proposal for a User Program to the Supercomputer Steering Committee, and once granted he/she can use the facility with no charge. The supercomputer system consists of two systems: The main system (System B (ohtaka)), which started operation in Oct. 2020, and the sub-system (System C (kugui)), which started operation in June 2022. Information about project proposals can be found in the center's web page (<https://mdcl.issp.u-tokyo.ac.jp/scc/>). In addition to maintaining high performance of the hardware in cooperation with the vendors, the SCC also responds to questions and inquiries from users on a daily basis. In 2015, aiming at more efficient usage of the supercomputer systems, we started a new program PASUMS for developing a few applications annually based on proposals from the ISSP supercomputer users.

## Main Facilities

System B (ohtaka): Dell PowerEdge C6525/R940 (1680 CPU nodes of AMD EPYC 7702 (64 cores) and 8 FAT nodes of Intel Xeon Platinum 8280 (28 cores) with total theoretical performance of 6.881 PFLOPS)

System C (kugui): HPE Apollo 2000 Gen10 Plus/HPE Apollo 6500 Gen10 Plus (128 CPU nodes of AMD EPYC 7763 (128 cores) and 8 ACC nodes of AMD EPYC 7763 (64 cores) with total theoretical performance of 0.973 PFLOPS)



ソフトウェア開発・高度化プロジェクト (PASUMS) で開発したソフトウェア群

Software developed by "Project for Advancement of Software Usability in Materials Science" (PASUMS)

<https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/computer.html>

## 物質合成室

Materials Synthesis Section

担当所員 岡本 佳比古

Contact Person : OKAMOTO, Yoshihiko

技術専門職員 石井 梨恵子

Technical Specialist : ISHII, Rieko

本室では、新物質の合成、既知物質の良質化、単結晶育成など研究用試料の合成を行っている。また、各種高温電気炉や単結晶育成炉、試料調整加工機などを所内外の共同利用研究機器として供している。

The main purposes of the Materials Synthesis Section are to synthesize new compounds and to prepare well-characterized samples and single crystals of various materials. Various kinds of furnaces are provided for crystal growth experiments.

## 主要設備

フローティングゾーン単結晶育成炉、各種電気炉（抵抗加熱式ブリッジマン炉、フラックス炉、アーク溶解炉、シリコニット炉、ボックス炉）、真空蒸着装置（ $10^{-6}$  Torr）、グローブボックス

## Main Facilities

Floating-zone furnaces, Bridgman-type furnace, Ar-arc furnace, Furnace for flux method, Ultra-high vacuum deposition apparatus, glove box.



試料調整用グローブボックス

Glove box for sample preparation

## 化学分析室

Chemical Analysis Section

担当所員 岡本 佳比古

Contact Person : OKAMOTO, Yoshihiko

技術専門職員 石井 梨恵子

Technical Specialist : ISHII, Rieko

本室では、物性研究に有用な物質についての化学分析や新しい物質の分析方法の検討および化学的手法による材料の精製および調整を行うと共に、秤量・分析・化学処理に関わる各種機器を所内外の共同利用に供している。

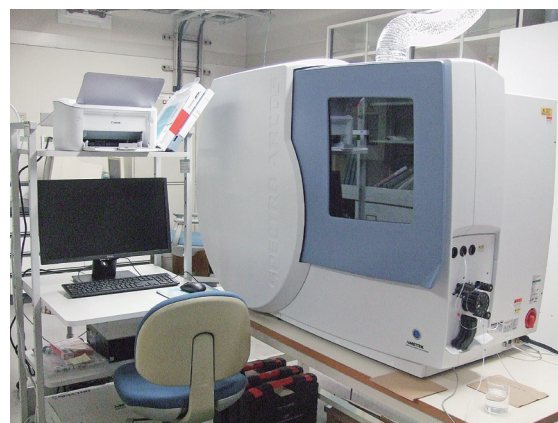
The Chemical Analysis Section is engaged in determining the chemical composition of specimens and in purifying chemical reagents for preparation of high quality specimens. The analytical equipments, several types of automatic balance and a system for preparation of ultra-high purity water are provided for chemical analysis experiments.

## 主要設備

誘導結合高周波プラズマ発光分光分析装置、電子天秤、超純水製造装置

## Main Facilities

ICP-AES, Automatic balances, and the system for preparation of ultra-high purity water.



誘導結合高周波プラズマ発光分光分析装置

ICP-AES





## X 線測定室

X-Ray Diffraction Section

担当所員 山浦 淳一

Contact Person : YAMAURA, Jun-ichi

## 電子顕微鏡室

Electron Microscope Section

担当所員 山浦 淳一

Contact Person : YAMAURA, Jun-ichi

技術専門職員 浜根 大輔

Technical Specialist : HAMANE, Daisuke

結晶構造は、物質科学研究の最も基本的な情報である。本室では、X線回折を用いて、結晶学をベースにした物性研究である構造物性研究を行うと共に、所内外の研究者に対して各種回折計の施設利用を提供している。

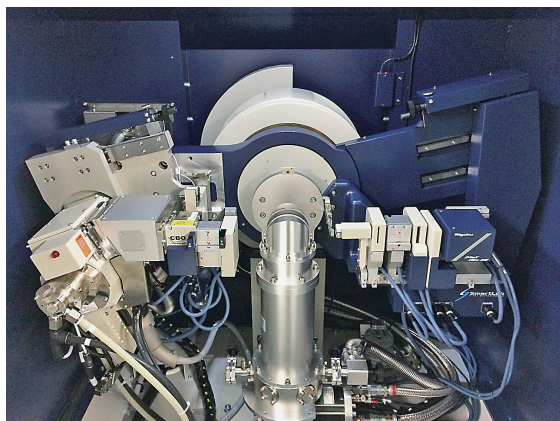
Crystal structure is the most fundamental information for studying materials science. This laboratory uses X-ray diffraction to conduct structural properties research, which is the study of physical properties based on crystallography, and also offers the use of its various diffractometer facilities to researchers both inside and outside the institute.

### 主要設備

汎用粉末X線回折計、極低温 K $\alpha$ 1 粉末X線回折計、高輝度単結晶 X 線回折計、汎用単結晶 X 線回折計、ラウエカメラ

### Main Facilities

General-purpose powder X-ray diffractometer, Cryogenic K $\alpha$ 1 powder X-ray diffractometer, High-power single-crystal X-ray diffractometer, General-purpose single-crystal X-ray diffractometer, Laue camera.



極低温 K $\alpha$ 1 粉末X線回折計

Cryogenic K $\alpha$ 1 powder X-ray diffractometer

本室では物質の化学組成や微細構造を評価するために走査型電子顕微鏡と透過型電子顕微鏡を備え、ミクロからナノスケールでの観察・分析を行い、所内における研究を強力に下支えすると共に、各種機器を学内外の共同利用に供している。

The Electron Microscope Section supports measurements such as electron diffraction, lattice image observations and chemical analyses for various solid materials in both crystalline and non-crystalline forms by using TEM and SEM equipped with EDX analyzer.

### 主要設備

電界放射形透過型電子顕微鏡、低温・高温・分析ホルダー、鏡面・薄膜試料作成のための種々の装置

### Main Facilities

200 kV TEM and SEM with EDX analyzer, high and low-temperature holders, and various apparatuses for sample preparation. electron microscope with an x-ray micro-analyzer, High- and low-temperature holders, and various apparatuses for sample preparation.



200 kV 電界放射形分析電子顕微鏡

200 kV electron microscope with an X-ray micro-analyzer



<https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/xray.html>



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/electron\\_microscope.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/electron_microscope.html)

## 電磁気測定室

Electromagnetic Measurements Section

担当所員 岡本 佳比古  
Contact Person : OKAMOTO, Yoshihiko担当所員 山下 穰  
Contact Person : YAMASHITA, Minoru担当所員 森 初果  
Contact Person : MORI, Hatsumi技術専門員 山内 徹  
Senior Technical Specialist : YAMAUCHI, Tsuru

## 光学測定室

Spectroscopy Section

担当所員 秋山 英文  
Contact Person : AKIYAMA, Hidefumi担当所員 松永 隆佑  
Contact Person : MATSUNAGA, Ryusuke

本室では、物質の基本的性質である電氣的磁氣的性質を、温度および磁場の広い範囲にわたって測定するとともに、磁気特性測定装置、物理特性測定装置、超伝導磁石などの設備を所内外の共同利用に供している。

The Electromagnetic Measurements Section offers various facilities for measurements of electric and magnetic properties of materials. The followings are types of experiments currently supported in this section: electrical resistivity, magnetoresistance and Hall effect, d.c.susceptibility, a.c. susceptibility, and NMR.

## 主要設備

15/17 テスラ超伝導マグネット、16/18 テスラ高均一超伝導マグネット (NMR)、SQUID 磁化測定装置 (MPMS)、汎用物性測定装置 (PPMS)

## Main Facilities

Superconducting magnet (15/17 T), High homogeneity superconducting magnet (16/18 T) for NMR experiments, MPMS (SQUID magnetometer, 7 T), and PPMS (physical properties measurement system, 9 T).



磁気特性測定装置  
SQUID magnetometer (MPMS)

汎用性のある光学測定機器やレーザー光源を備え、所内外の共同利用に供している。可視・紫外・赤外領域の吸収・反射スペクトル、顕微ラマン分光などの測定が可能である。

The Spectroscopy Section offers joint-use facilities for standard optical measurements. The facilities can be used for measurements of conventional absorption/reflection spectrum in the UV, visible and IR regions and Raman scattering.

## 主要設備

可視紫外分光光度計、赤外分光光度計、ラマン分光光度計

## Main Facilities

UV/VIS absorption spectrometer, IR spectrometer, Micro-Raman spectrometer.



赤外およびラマン分光装置  
IR and Raman Spectrometers (Room A468)



## 高压合成室

High-Pressure Synthesis Section

担当所員 岡本 佳比古

Contact Person : OKAMOTO, Yoshihiko

技術専門員 後藤 弘匡

Senior Technical Specialist : GOTOU, Hirotada

## 高压測定室

High-Pressure Measurement Section

担当所員 北川 健太郎

Contact Person : KITAGAWA, Kentaro

技術専門員 山内 徹

Senior Technical Specialist : YAMAUCHI, Toru

学術専門職員 長崎 尚子

Project Academic Specialist : NAGASAKI, Shoko

本室では、百万気圧、数千度までの高温高压下において様々な(新)物質の合成を行うと共に、高压力下における物質の挙動を調べている。さらに各種の高压力発生装置や関連する実験設備を所内外の共同利用に供している。

The main purposes of the High-Pressure Synthesis Section are to synthesize various (new) compounds and to investigate the behavior of some materials at extreme conditions of high pressures up to 100 GPa or more and high temperatures up to several thousand °C. Various types of high-pressure apparatuses and related experimental equipments are provided to joint research and internal use.

### 主要設備

500/700 トン油圧プレス装置、ダイヤモンドアンビルセル、X線回折装置、顕微ラマン分光装置、YAG レーザー加工機、その他(放電加工機、ダイヤモンド研磨装置、旋盤、NC モデリングマシン)

### Main Facilities

500/700 ton press, Diamond Anvil Cell, X-ray diffractometer, Micro-Raman spectrometer, YAG laser cutting machine, and others including Electric discharge machine, Grinding machine for diamond, Lathe machine, and Modeling machine.



若機型 700 ton キュービックプレス。4 GPa までの高温高压合成実験用。

Wakatsuki-type 700 ton cubic press for high pressure and high temperature synthesis experiments up to 4 GPa.

本室では、高压下で起こる新物性の探索と各種の高压低温物性評価を行っている。また、静水圧性が高い圧力発生装置などを所内外の共同利用研究機器として供している。

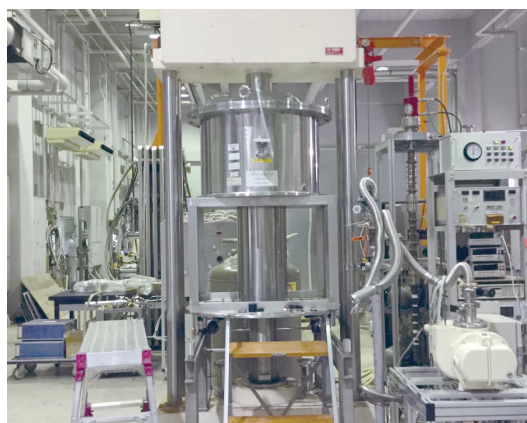
The High-Pressure Measurement Section aims at search for novel phenomena under pressure and characterization of high-pressure low-temperature physical properties. This Section offers high-pressure devices featuring good hydrostaticity for joint research and internal use.

### 主要設備

250 トン定荷重式キュービックアンビル圧力発生装置

### Main Facilities

250 ton-class constant-load cubic-anvil-type high-pressure devices.



定荷重キュービックアンビル高压装置。等方的加圧と液体圧力伝達媒体により、静水圧性の高い高压実験環境を実現する。

The cubic-anvil-type high-pressure apparatus equipped with constant loading force press, realizing highly hydrostatic pressure environment by three-axis compression and liquid pressure transmitting medium.



<https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/highpressure.html>



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/highpressure\\_meas.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/highpressure_meas.html)





# 附属中性子科学研究施設

## Neutron Science Laboratory

中性子は 1 Å 程度の波長の波としての性質と 100 meV 程度の運動エネルギーの粒子としての性質を併せもつ。また、中性子は透過力に優れ、微小磁石の性質をもつので、原子核やその周りの電子がつくる磁場と力を及ぼし合う。これらの性質を利用して物質による中性子の散乱のされ方を観測し、物質内の原子や磁気モーメントの配列や運動の様子を知る実験方法を「中性子散乱」という。物性研究所の中性子科学研究施設では東北大学、京都大学等と協力し、日本原子力研究開発機構の研究用原子炉 JRR-3 に設置された 12 台の中性子散乱装置を用いた共同利用を推進してきた。さらに、KEK と共同で大強度陽子加速器施設 J-PARC に設置された高分解能チョッパー分光器 HRC を用いた共同利用を推進している。これにより、超伝導体、トポロジカル物質、新規量子相などの固体物理研究をはじめとして、ガラスやクラスレート物質など複雑凝縮系、イオン伝導体や水素貯蔵物質などの材料科学、高分子やゲルなどのソフトマター、生体関連物質まで幅広い物質科学、さらには中性子基礎物理などが研究されている。また、当施設は日米協力事業「中性子散乱分野」の実施機関としても活動し、我が国の中性子散乱研究の発展に貢献している。

A neutron has dual nature of a wave with a wave length of about 1 Å and a particle with a kinetic energy of about 100 meV. A neutron also has excellent transparency of matter and a nuclear magnetic moment. Owing to these properties, neutron scattering is a powerful method to investigate the structure and dynamics of atoms and electron spins in condensed matter. Since 1993, Neutron Science Laboratory (NSL) has been playing a central role in neutron scattering activities in Japan not only by performing its own research but also by providing a general user program using the university-owned 12 neutron scattering spectrometers installed at the research reactor JRR-3 (20 MW), JAEA (Tokai, Ibaraki). Furthermore, NSL owns a cutting-edge inelastic neutron scattering spectrometer HRC in J-PARC, which started its operation in 2009 and has been managed with KEK. Major research areas supported by the NSL user program are solid state physics (superconductors, topological materials, novel quantum phases, etc.), soft matter (polymers, gels, etc.), complex systems (glass, liquid, clathrate materials, etc.), material science (ionic conductors, hydrogen systems, etc.), biological physics, and fundamental physics on neutrons. The NSL also operates the US-Japan cooperative program on neutron scattering since 1984.

---

施設長 佐藤 卓

Leader SATO, Taku J

副施設長 益田 隆嗣

Deputy Leader MASUDA, Takatsugu

---

# 古府研究室 Kofu Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 多様な物質中の水素原子や水分子のダイナミクス  
Dynamics of hydrogen atoms and hydrogen-containing molecules in a wide range of materials
- 2 スピングラスの励起特性  
Excitation characteristics of spin glasses
- 3 単分子磁石のスピンダイナミクス  
Spin dynamics of single-molecule magnets
- 4 中性子散乱装置の開発および新測定への挑戦  
Development of neutron scattering instruments and challenges to new measurements



教授 古府 麻衣子  
Professor KOFU, Maiko

専攻 Course

工学系物理工学

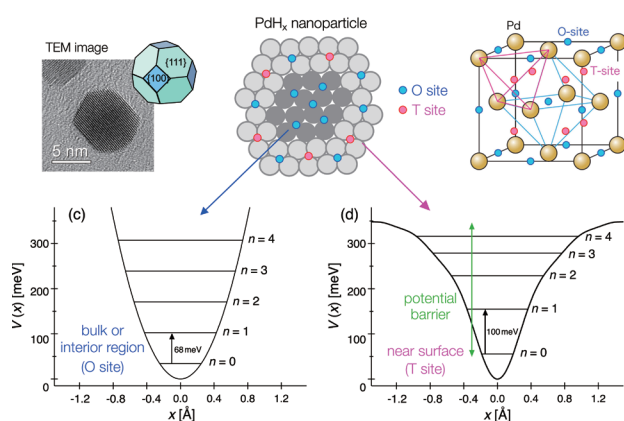
App. Phys., Eng.



助教 秋葉 宙  
Research Associate  
AKIBA, Hiroshi

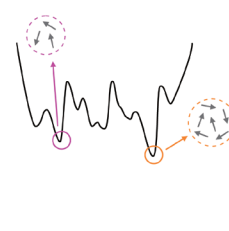
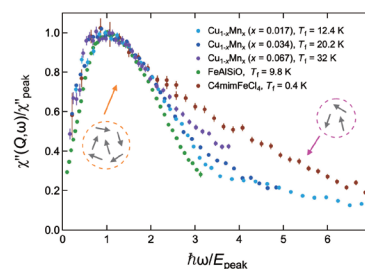
本研究室では、中性子散乱法を用いて、様々な物質中の原子や分子、スピンの動的構造を調べ、幅広い物質に内在する新規な現象や普遍性を見出すことを目指している。中性子は水素原子の観測が得意なプローブであり、水素の量子ダイナミクスやプロトン/ヒドリドイオン伝導の観測が中心的テーマのひとつである。水素は量子性が強い元素として知られているが、水素の量子効果が顕になるケースは稀である。偏極中性子を利用した軽水素の干渉性/非干渉性散乱の分離など、新しい計測法に挑戦し、これまで捉えられなかったダイナミクスを見出したい。水和物や機能性液体、スピングラスや単分子磁石（ナノ磁石のように振る舞う物質群）などの一風変わった磁性体の研究も行っている。これらの研究には、広いダイナミックレンジでの測定が必要であり、国内外のさまざまな中性子分光器を使用するとともに、中性子散乱分光器の開発も行っている。

We study the dynamics of atoms, molecules, and spins in various materials using neutron scattering techniques, to discover novel phenomena and universality inherent in a wide range of materials. Neutron is a powerful probe to detect hydrogen atoms. Observation of hydrogen quantum dynamics and proton/hydride ion conduction is one of our major research interests. Hydrogen is known as a quantum atom, but the quantum nature of hydrogen is rarely manifested. We will try new measurement techniques, such as coherent/incoherent separation of light hydrogen using polarized neutrons, and find dynamics that have not been captured so far. Hydrates, functional liquids, spin glass, and single-molecule magnets (which behave like nanomagnets) are also within our scope. These studies require measurements over a wide dynamic range, and we are using a variety of neutron spectrometers in domestic and foreign facilities, as well as developing a neutron scattering spectrometer.



中性子回折、非弾性、準弾性散乱法によって調べたパラジウム水素化物ナノ粒子中の水素の状態。ナノ粒子の表面近傍では、バルク状態とは異なる四面体サイトにも水素が存在し、非調和振動および速い拡散が生じる。

Hydrogen state in palladium hydride nanoparticles studied by neutron diffraction, inelastic, and quasielastic scattering. Our comprehensive studies showed that some hydrogen atoms near the surface of the nanoparticles are accommodated at the tetrahedral sites, which is different from the bulk state, resulting in anharmonic vibrations and fast diffusion.



さまざまな古典系スピングラス物質で、ボーズ統計に従うブロードな局所磁気励起が観測された。その特徴は構造ガラスの局所振動励起（ボゾンピーク）と類似し、多数の準安定状態の素励起に起因すると考えられる。

Bose-scaled localized magnetic excitation was commonly observed in various classical spin glasses. The excitation is highly reminiscent of localized vibrational modes (“boson peak”) in structural glasses. The broad spectrum with the high-energy tail can be attributed to elementary excitations in a multitude of metastable states.

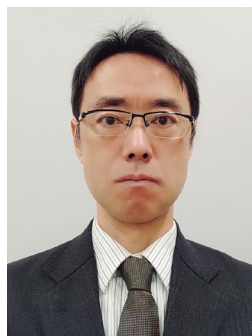


[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kofu\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kofu_group.html)

# 佐藤研究室 Sato Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 量子磁性体における巨視的量子現象  
Macroscopic quantum phenomena in quantum magnets
- 2 準周期構造を持つ磁性体の磁気構造やダイナミクス  
Magnetic structures and dynamics of quasiperiodic magnets
- 3 流動するスピン集団の示す非平衡定常状態  
Nonequilibrium steady state of spins under current flow
- 4 新しい中性子散乱手法の開発  
Development of new neutron scattering techniques

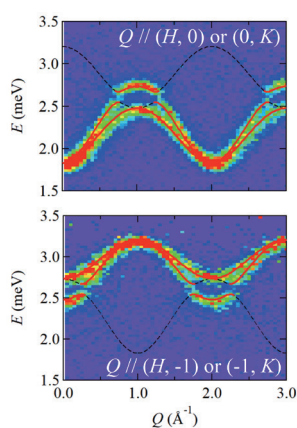


教授 佐藤 卓  
Professor SATO, Taku J

専攻 Course  
理学系物理学  
Phys., Sci.

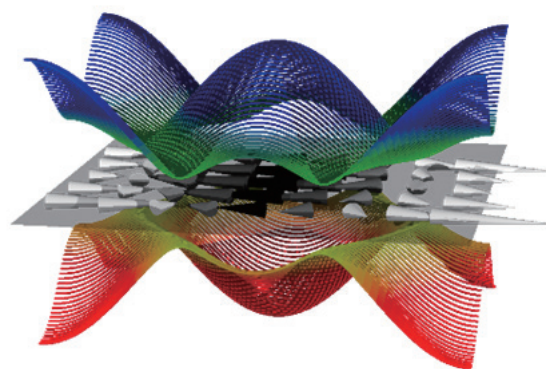
磁性体における電子スピンおよびスピン間相互作用の幾何学的配置はその磁性状態を決定する重要な因子の一つである。我々は結晶対称性やその破れに起因する磁気基底状態や励起状態の研究、さらには準周期構造（準結晶）に代表される、あらわな並進対称性を持たない構造中の磁気基底・励起状態の研究等を行なっている。具体的には反転対称性の破れた磁性体における非相反マグノン励起の観測、螺旋軸を持つ量子反強磁性ダイマー物質におけるトポジカルトリプルの確認、正 20 面体相準結晶磁性体における長距離磁気秩序の発見等があげられる。これらの成果は我々の主要な研究手法である中性子散乱を最大限に活用することで得られたものである。中性子散乱をさらに発展させるため、新中性子散乱手法の開発も行なっている。

Geometrical arrangement of spins and their interaction bonds in magnetic materials is one of the decisive factors for their magnetic states. We are interested in nontrivial magnetic ground states and excitations originating from the crystalline symmetry and its breaking, as well as those in the quasiperiodic magnets where spin arrangement loses apparent translational invariance. Representative examples of our recent findings include observation of nonreciprocal magnons in a magnet without inversion symmetry, confirmation of topological triplon bands in a quantum dimerized antiferromagnet with screw axis, and observation of long-range magnetic order in an icosahedral quasicrystal. Those results have been obtained by maximal utilization of neutron scattering technique, being our primary investigation tool. To further advance this technique, we are also working on the development of novel neutron scattering methods, including inelastic spectrum retrieval using energy-dependent diffuse scattering measurement, and improvement of large curved two-dimensional neutron detector for efficient magnetic structure analysis.



中性子非弾性散乱により量子反強磁性ダイマー物質  $\text{Ba}_2\text{CuSi}_2\text{O}_6\text{Cl}_2$  において観測されたトポジカルトリプロンバンド分散

Topological triplon bands in quantum dimerized antiferromagnet  $\text{Ba}_2\text{CuSi}_2\text{O}_6\text{Cl}_2$  observed by inelastic neutron scattering



実験を再現するスピン模型から計算されたトリプロンバンド分散と同様に計算された fictitious 磁場の方向（矢印）

Calculated triplon band dispersion based on the spin model, and similarly calculated fictitious magnetic field shown by the arrows



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/sato\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/sato_group.html)

# 中島研究室 Nakajima Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 中性子散乱によるトポロジカル磁気秩序とそのダイナミクスの研究  
Neutron scattering studies on topological magnetic orders and their dynamics
- 2 偏極中性子散乱法を用いた磁性体の磁気構造解析  
Magnetic structure analysis by means of polarized neutron scattering
- 3 異方的な応力を用いた交差相関物性現象の開拓  
Exploration of novel cross-correlated phenomena induced by anisotropic stress
- 4 時分割中性子散乱法を用いたパルス強磁場中の磁気構造研究  
Study on magnetic structures in high fields by means of time-resolved neutron scattering with pulsed magnetic fields

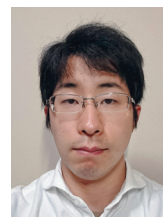


准教授 中島 多朗  
Associate Professor NAKAJIMA, Taro

専攻 Course

工学系物理学

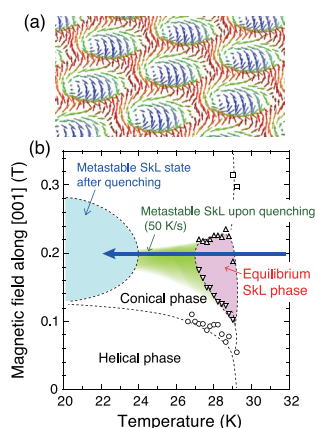
App. Phys., Eng.



助教 齋藤 開  
Research Associate  
SAITO, Hiraku

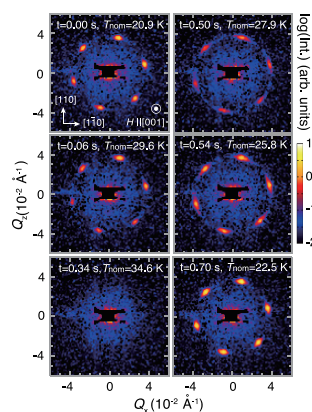
固体の磁気的性質は非常に古くから知られており、精力的に研究されてきたテーマである。例えば我々の身近にある磁石では、固体中のスピンの自発的に同じ方向に揃う「強磁性」が実現している。これ以外にも、らせん型や渦型など様々な磁気秩序が存在するが、近年それらのスピン配列の幾何学的特徴が、物質の誘電性、伝導性、あるいは弾性などを大きく変化させ得ることが明らかになってきた。本研究室ではこのような「スピン秩序によって引き起こされる創発物性現象」を主な研究テーマとしている。例としては、らせん型の磁気秩序によって電気分極を生じるマルチフェロイック系や、トポロジカルな渦状磁気構造である磁気スキルミオン等を対象として、中性子散乱とX線散乱を用いて磁気秩序とその励起状態を明らかにすることに取り組んでいる。また、中性子散乱技術自体を発展させるべく、多重極限環境下の測定や時分割測定など、新たな手法開発にも取り組む。

Magnetism in solids has been extensively studied in the field of condensed matter physics. A well-known example is ferromagnetism, which means that magnetic moments in a solid are spontaneously aligned to be parallel to each other owing to exchange interactions. Besides the ferromagnetism, there are various types of orders of magnetic moments, such as collinear antiferromagnetic and helical magnetic orders. Among them, non-collinear or non-coplanar magnetic orders have recently attracted increasing attention because they can lead to time-space symmetry breaking which may dramatically alter electronic properties of the systems. We study emergent phenomena induced by the non-collinear/non-coplanar spin orders by means of neutron and X-ray scattering techniques. One example is spin-driven ferroelectricity, where a spiral magnetic order breaks spatial inversion symmetry of the system and leads to spontaneous electric polarization. Another example is a vortex-like spin texture called magnetic skyrmion, which often appears in a long-wavelength helimagnet. By the virtue of the topologically-nontrivial spin texture, the magnetic skyrmion induces an effective magnetic field acting only on conduction electrons. We are also exploring new methodologies in neutron and X-ray scatterings, such as time-resolved neutron scattering, to investigate the unconventional magnetic orders in detail.



(a) 磁気スキルミオン格子状態におけるスピン配列の模式図 (b) 磁気スキルミオン物質 MnSi の熱平衡・準安定状態図。0.2 T の磁場中で急加熱・急冷することで準安定スキルミオン状態が実現する。

(a) A schematic of magnetic skyrmion lattice. (b) The equilibrium and metastable state diagram of MnSi. The metastable skyrmion lattice state is realized by a rapid temperature sweep in a magnetic field of 0.2 T.



MnSi の準安定スキルミオン格子が熱パルスによって消滅し、その後再形成される過程を時分割中性子小角散乱によって観測した結果。

The results of time-resolved neutron scattering measurement on MnSi in a magnetic field; the hexagonal diffraction patterns correspond to a triangular lattice of metastable skyrmions.





# 益田研究室

Masuda Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 交替磁性体マグノンのカイラル分裂  
Chiral split of altermagnetic magnon
- 2 スピン超固体のダイナミクス  
Dynamics of spin supersolid
- 3 中性子分光器の開発  
Development of neutron spectrometer

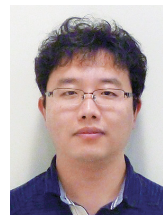


教授 益田 隆嗣  
Professor MASUDA, Takatsugu

専攻 Course

新領域物質系

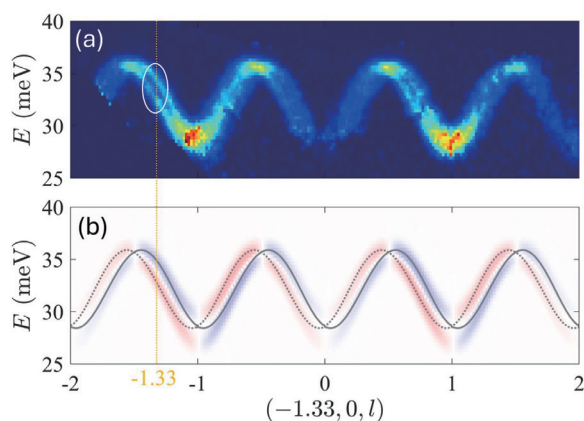
Adv. Mat., Frontier Sci.



助教 浅井 晋一郎  
Research Associate  
ASAI, Shinichiro

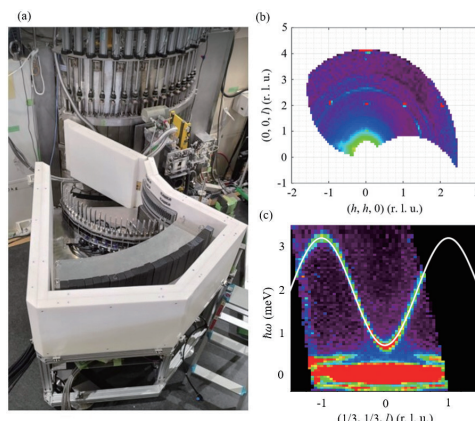
基礎から応用まで幅広く研究されている磁性体は、量子現象開拓のフロンティアとしても多くの興味を集めている。本研究室は、様々な磁性体の新しい量子現象・量子状態を実験的に発見し、その機構を解明することを目指している。主に J-PARC に設置されている HRC 分光器を利用した研究（左図参照）を推進してきたが、ここ数年は、磁性体のダイナミクスを高効率で測定する新しい中性子分光器 HODACA (Horizontally Defocusing Analyzer Concurrent data Acquisition, 右図 (a) 参照) の開発にも手を広げた。2023 年度にフラストレート磁性体 CsFeCl<sub>3</sub> を用いた試験運転が行われた。右図 (b) に示されるように正しくブラッグピークが観測され、右図 (c) に示されるように先行研究と一致する磁気励起が観測された。従来の分光器と比べて 70 倍の測定効率であることが明らかとなった。今後は、HRC 分光器と HODACA 分光器の相補利用により、交替磁性体マグノンのカイラル分裂、スピン超固体のダイナミクス、スピン波スピン流などの新しい現象を探索する。

Magnetic materials, which are studied across a wide range from fundamental research to applications, have also attracted significant interest as a frontier for exploring quantum phenomena. Our group aims to experimentally discover novel quantum phenomena and quantum states in various magnetic materials and to elucidate their underlying mechanisms. While our research has primarily utilized the HRC spectrometer installed at J-PARC (see left figure), in recent years we have also expanded our efforts to include the development of a new neutron spectrometer, the Horizontally Defocusing Analyzer Concurrent data Acquisition (HODACA, see right figure (a)), designed for highly efficient measurements of magnetic dynamics. In fiscal year 2023, a test operation using the frustrated magnet CsFeCl<sub>3</sub> was conducted. As shown in the right figure (b), Bragg peaks were correctly observed, and magnetic excitations consistent with previous studies were detected, as shown in the right figure (c). It was found that HODACA offers a measurement efficiency 70 times higher than conventional spectrometers. Going forward, by complementarily utilizing the HRC and HODACA spectrometers, we aim to explore new phenomena such as chiral magnon splitting in alternating magnets, the dynamics of spin supersolids, and spin-wave spin currents.



(a) 交替磁性体 MnTe の中性子スペクトル。約 2 meV のマグノン分裂が観測された。(b) 計算された中性子構造因子のカイラル項。分裂したマグノンが異なるカイラリティを持つことを示している。

(a) Neutron spectrum of the altermagnet MnTe. A magnon splitting of approximately 2 meV was observed. (b) Calculated chiral term of the neutron structure factor. The split magnons have different chiralities.



(a) HODACA 分光器全景。(b) HODACA で観測されたフラストレート磁性体 CsFeCl<sub>3</sub> のブラッグピークプロファイル。(c) HODACA で観測された CsFeCl<sub>3</sub> の磁気励起スペクトル。白線は先行研究による理論曲線。

(a) Overview of HODACA spectrometer. (b) Bragg peak profiles measured in a frustrated magnet CsFeCl<sub>3</sub> by HODACA. (c) Magnetic excitation measured by HODACA. White curve is a theoretical curve reported in a previous study.



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/masuda\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/masuda_group.html)

# 眞弓研究室 Mayumi Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 高強度高分子材料の強靱化メカニズムの解明  
Toughening mechanism of tough polymeric materials
- 2 中性子・X線小角散乱法を用いた多成分系高分子・ソフトマター材料の構造解析  
Structure of multi-component polymer and soft matter systems by small-angle neutron/X-ray scattering
- 3 中性子準弾性散乱法を用いた多成分系高分子・ソフトマター材料のダイナミクス解析  
Dynamics of multi-component polymer and soft matter systems by quasi-elastic neutron scattering



准教授 眞弓 皓一  
Associate Professor MAYUMI, Koichi

専攻 Course

新領域物質系

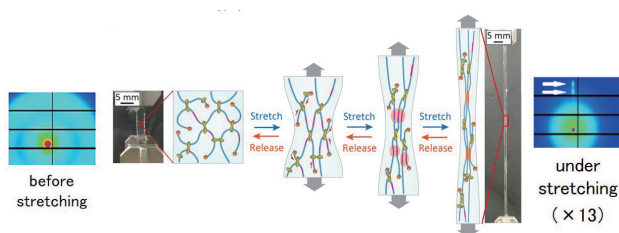
Adv. Mat., Frontier Sci.



助教 小田 達郎  
Research Associate  
ODA, Tatsuhiro

本研究室では、高分子をはじめとしたソフトマターの物性発現機構の解明を目指している。例えば、近年ナノ・分子レベルでの構造制御により高分子材料の機械強度は飛躍的に向上しつつあり、そのような高強度高分子材料は、人工関節や人工血管などの医療材料、ソフトロボット用のアクチュエーター、車・飛行機などに用いる構造材料としての応用が期待されている。我々は、高強度高分子材料に対して、中性子・X線小角散乱法および中性子準弾性散乱法によって変形下におけるナノ構造・ダイナミクスの計測を行っている。高分子材料は多成分で構成されていることが一般的であるが、中性子散乱法を用いると、重水素化ラベリングによって各構成要素を選択的に観察することが可能となる。散乱法によって明らかにされた階層構造・ダイナミクスとマクロな力学・破壊挙動との相関を解明するとともに、新規材料設計指針の探索を行っている。

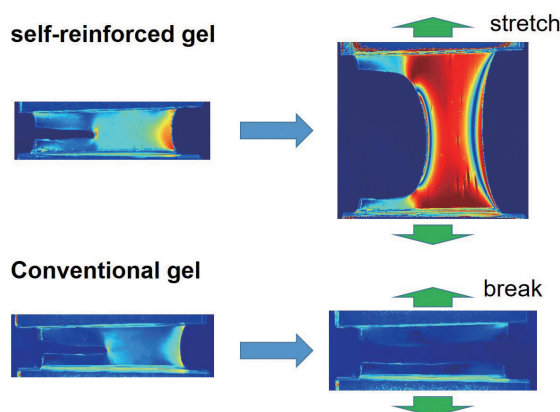
The research goal of our group is to understand molecular mechanisms for macroscopic properties of soft materials. One of our targets is to understand toughening mechanisms of polymeric materials. Recently, the fine control of nano structure has significantly improved the mechanical toughness of polymer-based materials. The tough polymeric materials are expected to be applied for biomaterials, soft robots, and structural materials for automobiles and airplanes. To reveal molecular mechanisms of their macroscopic mechanical properties, we study nano-structure and dynamics of the tough polymeric materials under deformation by means of in-situ light, X-ray, and neutron scattering measurements. Especially, small-angle and quasi-elastic neutron scattering measurements with deuterium labelling enable us to observe separately each component in multi-component systems. By combining the nano-scale structure/dynamics measurements with macroscopic mechanical tests and molecular dynamics simulations, we aim to establish molecular understandings of toughening mechanisms for polymeric materials and discover novel molecular designs for tough materials.



伸長すると高分子鎖が結晶化し、鎖の破断を防ぐ自己補強ゲルを開発した。この伸長誘起結晶は、力を取り除くと消失し、自己補強ゲルは元の状態まで復元する。

We have developed self-reinforced gels in which polymer chains are crystallized under stretching. The crystalline domains disappear immediately after the strain is released. The reversible strain-induced crystallization simultaneously realizes high toughness and rapid recoverability under repeated deformation.

### self-reinforced gel



通常の高分子ゲルの場合、亀裂を入れた試験片を引っ張ると、すぐに亀裂が進展して、破断してしまう。一方で、自己補強ゲルでは、亀裂の周辺において高分子鎖が引き延ばされて結晶化することで、亀裂の進展が抑制される。

When we stretch a pre-notched specimen of a conventional polymer gel, the crack propagates immediately and the sample is broken. For the self-reinforced gel, the strain-induced crystallization of polymer chains near a crack tip suppresses crack propagation.





客員教授 関 真一郎  
Visiting Professor SEKI, Shinichiro

本研究室では、幾何学的な性質（トポロジー・対称性・次元性など）に立脚した新物質開拓を通じて、革新的なエレクトロニクス・スピントロニクス機能を実現することを目指している。通常、電子の振る舞いは外部から与えられた電場や磁場によって制御される。一方、トポロジカルな秩序構造を伴う物質中では、電子が曲がった空間を感じるにより「創発電磁場」と呼ばれる巨大な仮想電磁場が生じることが発見され、その積極的な活用は物質中の電子の制御手法を根底から変える可能性を秘めている。こうした系のトポロジー・対称性・次元性に由来した未踏の量子現象が発現する新物質の設計・開拓を、中島研究室をはじめとする物性研究所の方々と協力して実施するとともに、微細加工技術を駆使したマイクロデバイスの作成・計測を通じて、超低消費電力な情報処理・超高感度なセンシング等の応用につながる、新しい電子機能の実現に取り組む。

Our group develops novel electronic and spintronic functions through the exploration of new materials with nontrivial topology and symmetry. Usually, the behavior of electrons is controlled by the external electric and magnetic fields. On the other hand, in materials with topologically nontrivial orders, electrons feel giant “emergent” electromagnetic fields due to the curved geometry, and their effective use can dramatically change the way to control electron dynamics. In collaboration with Prof. Nakajima group and other members of ISSP, we design and synthesize new material systems to realize such unique quantum phenomena. By employing the state-of-the-art crystal growth and micro-fabrication techniques, we develop novel electronic functions potentially suitable for various applications such as information processing with ultra-low energy consumption or information detection with ultra-high sensitivity.





# 附属国際超強磁場科学研究施設

International MegaGauss Science Laboratory

当施設では、パルスマグネットによって強力な磁場を発生し、様々な物質（半導体、磁性体、金属、絶縁体など）の電子状態を調べている。非破壊型パルスマグネットは 75 テスラ程度まで発生可能であり、電気伝導、光学応答、磁化などの精密物性計測、高圧や低温と組み合わせた複合極限実験に用いられる。また国内外の強磁場を必要とする物性科学の研究に幅広く利用されている。スーパーキャパシター電源（150 メガジュール）と組み合わせた超ロングパルス（1 ～ 10 秒程度）を用いれば、準定常磁場として精密熱測定なども可能であり、開発中の非破壊 100 テスラ磁場発生にも用いられている。他方、破壊型パルスマグネットには一巻きコイル法と電磁濃縮法があり、100 ～ 1000 テスラの超強磁場を発生可能である。極限的な強磁場が誘起する新奇現象探索を通じて、化学・生命や宇宙物理との融合研究への展開も行なっている。

In the IMGSL, electronic states of matter are investigated using pulsed magnets. Many kinds of materials, such as semiconductors, magnetic materials, metals, and insulators have been studied. Non-destructive magnets can generate fields up to approximately 75 T and are used for high-precision experiments, including electrical resistivity, optical property, and magnetization measurements. Combinations of high pressures and low temperatures with a high magnetic field are also available. These experimental techniques are open for domestic as well as international researchers. The magnet technologies are intensively devoted to developments for the quasi-steady long pulse magnet (an order of 1-10 sec) energized by supercapacitors (150 MJ), and also to a 100 Tesla class nondestructive magnet. On the other hand, the single-turn coil and electromagnetic flux compression techniques have been utilized for ultrahigh magnetic field generation exceeding 100 T destructively. Research with the multi-megagauss fields of around 100 to 1000 T has been conducted to discover novel phenomena. Also, we plan to use multi-megagauss fields for interdisciplinary research with chemistry, bioscience, and space physics.

---

施設長 徳永 将史  
Leader TOKUNAGA, Masashi

---

# 金道研究室

Kindo Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 非破壊パルスマグネットの開発  
Development of Non-destructive Pulse Magnets
- 2 強磁場を用いたスピン軌道相互作用の強い Mott 絶縁体の研究  
Study of Spin-orbital Coupled Mott Insulators at High Fields
- 3 有機伝導体の強磁場中電子物性の研究  
Study on High-field Electronic Properties of Organic Conductors
- 4 パルス磁場中での物性測定手法の開発  
Development of Physical Property Measurement Techniques in Pulsed Magnetic Field

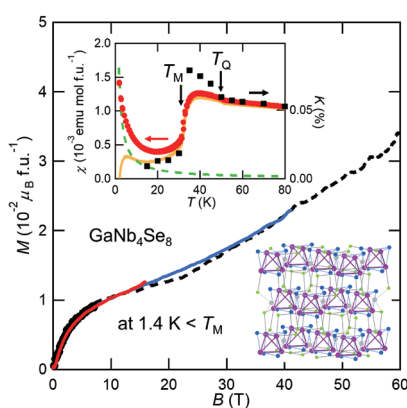


教授 金道 浩一  
Professor KINDO, Koichi

専攻 Course  
理学系物理学  
Phys., Sci.

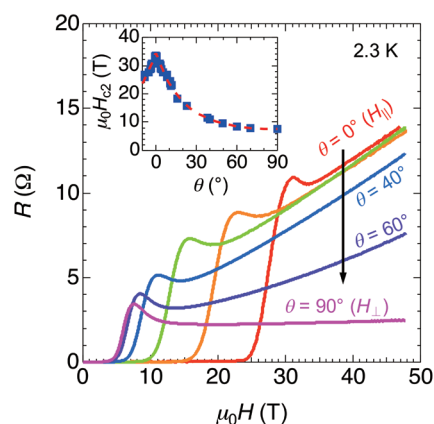
物性測定用途に合わせた様々な到達磁場やパルス長を持つパルスマグネットの開発と、それが作り出すパルス強磁場下での精密物性測定を基盤とした物性研究を行っている。例えば最大 75 テスラ (T)、4 ミリ秒の磁場下での磁化測定、最大 65T、30 ミリ秒の磁場下での電気抵抗測定、最大 43T、1 秒の磁場下での比熱測定を行っている。非破壊的な 100T の発生や、より長時間のパルス強磁場の発生を目指してマグネットの開発を行っている。スピン軌道相互作用の強い Mott 絶縁体や二次元有機超伝導体といった強磁場下での物性が未知の強相関電子系を主な研究対象とし、量子磁気相や伝導相を探索している。共同研究者から試料提供を受けるだけでなく、自ら興味ある物質を合成して研究を展開している。

We perform materials physics research based on the precise physical property measurements under strong pulsed magnetic fields, which are generated by the tailored pulse magnets with various strength and duration of magnetic fields. We perform e.g. magnetization measurements up to 75 tesla (T) in 4 msec, resistance measurements up to 65 T in 30 msec, and heat capacity measurements up to 43 T in 1 sec. We aim to develop the pulse magnets that can generate 100 T non-destructively or ultra-long pulsed magnetic field. We explore quantum magnetic or conducting phases at high fields in strongly correlated electron systems including spin-orbital coupled Mott insulators and quasi-two-dimensional organic superconductors. We synthesize the materials of interest as well as investigate the novel materials developed by the collaborators.



スピン軌道相互作用の強い 4d 電子 Mott 絶縁体  $\text{GaNb}_4\text{Se}_8$  の磁化曲線。小さな磁化と単調な磁化曲線は、磁気転移温度  $T_M = 30$  K から期待されるよりも大きなギャップを持つ強固な非磁性基底状態が実現していることを示している。

Magnetization curve of a 4d transition metal Mott insulator  $\text{GaNb}_4\text{Se}_8$ . The featureless magnetization curve with small magnetization indicates that the nonmagnetic ground state with an excitation gap larger than the energy scale of the magnetic transition temperature  $T_M = 30$  K is realized.



二次元有機超伝導体  $\kappa\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Br}$  の低温強磁場中電気抵抗。磁場によって超伝導が抑制され、超伝導臨界磁場  $H_{C2}$  以上で常伝導状態となる。

Low-temperature electrical resistance of the two-dimensional organic superconductor  $\kappa\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Br}$  in high fields. The superconductivity is suppressed by magnetic field and shows the transition to the normal state at upper critical field  $H_{C2}$ .



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kindo\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kindo_group.html)

# 小濱研究室 Kohama Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 レーザーを用いた磁気光学効果の研究とその超強磁場科学への応用  
Magneto-optical measurements with laser optics and its application to ultra-high magnetic field science
- 2 パルス強磁場下における NMR 測定と磁性体への応用  
NMR measurement under pulsed fields and its application to magnetic materials
- 3 微細加工技術を用いた新規測定手法の開発  
Development of new measurement techniques with nanofabrication technology
- 4 超強磁場を用いた量子振動の観測とトポロジカル絶縁体のフェルミオロジー  
Observation of quantum oscillation in ultra-high magnetic fields and fermiology of topological insulators



准教授 小濱 芳允  
Associate Professor KOHAMA, Yoshimitsu

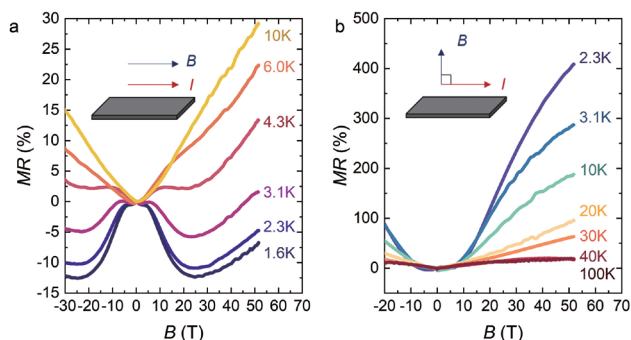
専攻 Course  
工学系物理学  
App. Phys., Eng.



助教 巖 正輝  
Research Associate  
GEN, Masaki

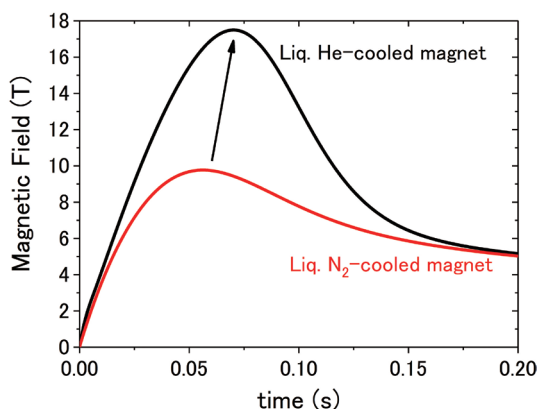
100 T を超える超強磁場領域は、ごく最近までその発生すら困難であった極限環境であり、人類未踏の研究領域といえる。このような極限環境下では多彩な物理現象が予想されており、当研究室ではこれら新奇物理現象の発見そして解明を目指している。主な実験手法としては、『1. レーザーを用いた磁気光学測定』、『2. 微細加工デバイスによる超高速電気抵抗測定』、『3. FPGA デバイスによるパルス強磁場 NMR 測定』、『4. ロングパルス磁場下での時分割中性子回折』を採用もしくは開発しており、これにより様々な強相関電子系における諸現象を探索している。現在の主なテーマは、トポロジカル絶縁体や超伝導物質における強磁場伝導状態の研究や、量子スピン系化合物の磁場誘起相の探索である。最終的な目標には 1000 T 領域での精密な物性研究を掲げており、この達成のために超強磁場発生技術および新規測定技術の開発にも力を注いでいる。

Ultra-high magnetic field (higher than 100 T) is an extreme condition that remains unexplored until recently. In this field region, many of unprecedented phenomena are expected to appear, and their experimental observations and understandings are the focus of our group. To achieve this goal, we employ/develop the following experimental techniques, “1. Magneto-optical measurement under pulsed magnetic fields”, “2. Ultra-fast magnetoresistance measurement with micro-fabricated devices”, “3. Pulsed-field NMR experiment with a FPGA module”, and “4. Time-resolved neutron diffraction under long pulsed fields”, and so on. With these state-of-the-art techniques, we currently investigate various field-induced phenomena, such as the quantum transport in topological insulators/superconductors and the novel magnetic phases in quantum spin systems. Our final goal is the extension of the available field range of a condensed matter research up to ~1000 T, and thus our efforts are also devoted to technical developments for ultra-high magnetic field generations as well as the further improvements of measurement techniques.



$\alpha$ -(BETS)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> の特異な磁場応答性 (a) 低温における磁気抵抗効果。電流と平行に磁場を印加すると、カイラル磁気異常効果による負の磁気抵抗効果が観測される。(b) 電流と垂直に磁場を印可すると、正の磁気抵抗が観測される。

Unique magnetic field response of  $\alpha$ -(BETS)<sub>2</sub>I<sub>3</sub> (a) Magnetoresistance at low temperatures. When a magnetic field is applied parallel to the current, a negative magnetoresistance due to the chiral magnetic effect is observed. (b) Positive magnetoresistance is observed when a magnetic field is applied perpendicular to the current.



高純度銅 (6N) を使ったコイルによるロングパルス磁場発生。黒線は液体ヘリウムで冷却した高純度銅コイルによるパルス磁場。赤線は液体窒素で冷却した高純度銅コイルによるパルス磁場。

Long pulsed magnetic field generated by coil using high-purity copper (6N) wire. The black line is a pulsed magnetic field generated by a high-purity copper coil cooled with liquid helium. The red line is a pulsed magnetic field generated by a high-purity copper coil cooled with liquid nitrogen.



# 徳永研究室 Tokunaga Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 マルチフェロイック物質の磁場誘起相転移  
Field-induced transitions in multiferroic materials
- 2 量子極限状態における電子相転移  
Electronic phase transitions in the quantum limit state
- 3 パルス強磁場下における高速偏光顕微鏡観察  
High-speed polarizing microscope imaging in pulsed-high magnetic fields
- 4 トポロジカル物質の強磁場物性研究  
High-field study of topological materials



教授 徳永 将史  
Professor TOKUNAGA, Masashi

専攻 Course

理学系物理学

Phys., Sci.



助教 近藤 雅起  
Research Associate  
KONDO, Masaki



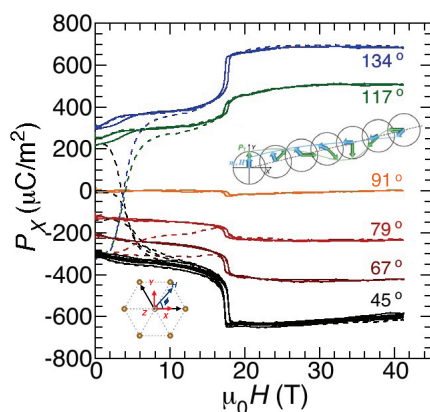
助教 三田村 裕幸  
Research Associate  
MITAMURA, Hiroyuki



特任助教 木下 雄斗  
Project Research Associate  
KINOSHITA, Yuto

磁場は電子のスピン、軌道運動および位相に直接作用する外場であり、物性物理学の幅広い分野の研究に不可欠である。我々は最高 60 T までのパルス強磁場下における物性研究を通して、強磁場下で実現する新しい量子状態および非自明な磁場誘起現象の探索を行っている。強磁場下で現れる現象の本質を正しく理解するためには、多様な物理量を高い精度で測定することが重要である。我々は、パルス磁場下で起こる磁性、電気伝導性、誘電性、構造、対称性、温度などの変化を瞬間的に検出する測定手法を開発・改良している。これらの測定を駆使して、マルチフェロイック物質における交差相関物性やトポロジカル半金属の磁気輸送特性などを研究している。

また年間 40 件程度の国内および国際共同研究を行い、様々な遍歴・局在スピン系物質、トポロジカル物質などの強磁場物性研究を展開している。



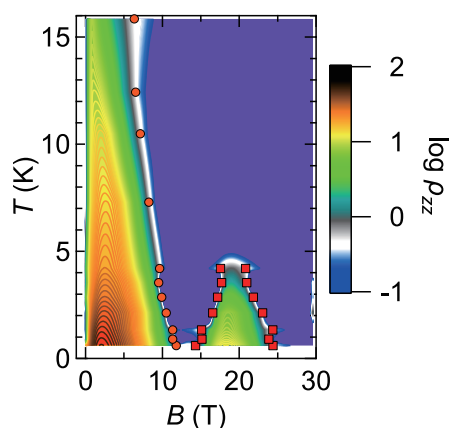
BiFeO<sub>3</sub> における電気磁気効果の磁場方位依存性。挿入図は 20 T 以上の傾角反強磁性相における強磁性磁化とスピン由来の電気分極の回転を表す。

Field-angle dependence of magneto-electric effects in BiFeO<sub>3</sub>. The inset schematically shows rotation of the ferromagnetic moment and spin-driven electric polarization in the canted-antiferromagnetic states above 20 T.

Magnetic fields have been widely used in the research of solid-state physics as they can directly and continuously tune the spins, orbitals, and phases of electrons in materials. We explore novel quantum phenomena and non-trivial field effects in pulsed-high magnetic fields up to 60 T using various state-of-the-art experimental techniques to study their magnetic, transport, dielectric, structural, optical, and caloric properties.

In BiFeO<sub>3</sub>, which is perhaps the most extensively studied multiferroic material, our high-field studies clarified microscopic origin of the magnetoelectric coupling and revealed non-volatile memory effect, magnetic control of ferroelastic strain, and a novel multiferroic phase at around room temperature. In addition, our high-field experiments on semimetals and semiconductors revealed novel insulating phase in graphite, valley polarization in bismuth, and quantum oscillations in semiconducting tellurium.

In addition to these in-house studies, we accept about 40 joint research projects per year and study various localized/itinerant magnets and topological materials in high magnetic fields.



トポロジカル絶縁体 BiSb 合金の縦磁気抵抗。抵抗率の温度磁場依存性をカラープロットで示した。低温で磁場を増加すると 11 T 付近で半導体から半金属に転移した後、20 T 付近で新たな絶縁体になる。

Longitudinal magnetoresistance of a topological insulator BiSb alloy. The color plot demonstrates field and temperature dependence of the resistivity. Application of the magnetic field causes semiconductor-semimetal transition at ~11 T, and induce a novel insulating state at ~20 T.





# 松田康弘研究室 Y. Matsuda Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 強相関電子系の磁場誘起絶縁体金属転移  
The magnetic field-induced insulator-metal transition of strongly correlated materials
- 2 強誘電体の磁場誘起相転移の探索  
Quest for the magnetic field-induced phase transition in the ferroelectric material
- 3 超強磁場におけるファンデルワールス固体の励起子状態  
Excitons in van der Waals solids at an ultrahigh magnetic field
- 4 光化学反応における磁場効果の探索  
Quest for the magnetic field effect on photochemical reaction



教授 松田 康弘  
Professor MATSUDA, Yasuhiro H.

専攻 Course

新領域物質系

Adv. Mat., Frontier Sci.



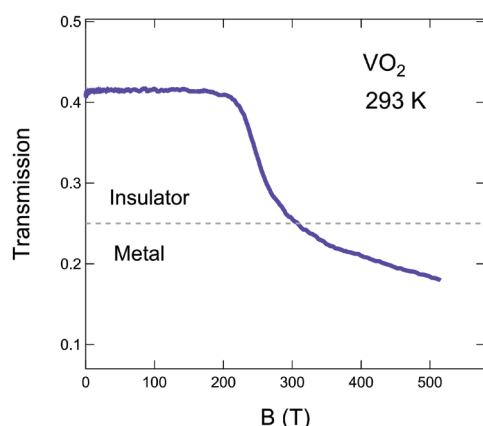
助教 石井 裕人  
Research Associate  
ISHII, Yuto



特任助教 林 浩章  
Project Research Associate  
HAYASHI, Hiroaki

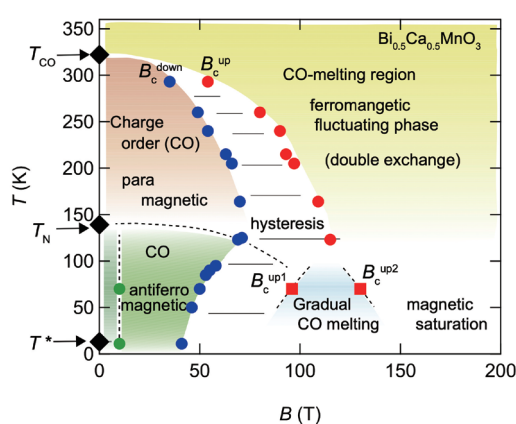
超強磁場を用いて電子状態のみならず結晶構造にも大きな変化を及ぼす様な、非摂動的磁場効果の探索を行っている。1000 Tにおいて自由電子ではスピンや軌道を通じて100 meV程度のエネルギーが磁場で変化すると期待されるが、固体中では様々な相互作用が拮抗しており、そのエネルギースケールは実行的に増強され得る。例えば、VO<sub>2</sub>のような絶縁体ではエネルギーギャップが1 eVのオーダーであるが、200~300 T程度の磁場で絶縁体から金属に相転移する。一方、この相転移の理解の鍵になるのは、V原子の二量体に形成されるV-V間の分子軌道が磁場で不安定化する描像である。固体内分子が磁場で壊れる現象は、宇宙の巨大磁場(10<sup>5</sup> T程度)で生じるH<sub>2</sub>などの分子の崩壊と機構において類似性がある。その他、超伝導体から誘電体、タンパク質など、多彩な対象において、超強磁場中の非摂動的磁場効果による新規現象の探索を行っている。

We are searching for non-perturbative magnetic field effects, such as large changes not only in the electronic state but also in the crystal structure, using ultra-high magnetic fields. In solids, the field-induced energy scale can be effectively enhanced due to the competing nature of the various interactions. For example, an insulator such as VO<sub>2</sub> has an energy gap on the order of 1 eV, but it undergoes a phase transition from insulator to metal at magnetic fields of 200~300 T. On the other hand, the key to understanding this phase transition is the picture of the destabilization of the V-V molecular orbitals formed in the dimer of V atoms by a magnetic field. The phenomenon of the breakdown of molecules in solids in a magnetic field is expected to be similar in mechanism to the breakdown of molecules such as H<sub>2</sub> that occurs in the huge magnetic field of the universe (about 10<sup>5</sup> T). In addition, we are searching for novel phenomena caused by non-perturbative magnetic field effects in a variety of other objects in ultra-high magnetic fields.



VO<sub>2</sub>の磁場誘起絶縁体金属転移

Magnetic field-induced insulator-metal transition in VO<sub>2</sub>.



ピスマス系 Mn 酸化物の磁場温度相図

B-T phase diagram in Bi-based manganite



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/y\\_matsuda\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/y_matsuda_group.html)

# 宮田研究室 Miyata Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 超強磁場下での磁気光学・THz 分光測定  
Magneto-optics and THz experiments under ultrahigh magnetic fields
- 2 量子磁性体の超強磁場物性  
High-field study on quantum magnets
- 3 パルスマグネットの開発  
Magnet technology



准教授 宮田 敦彦  
Associate Professor MIYATA, Atsuhiko

専攻 Course

新領域物質系

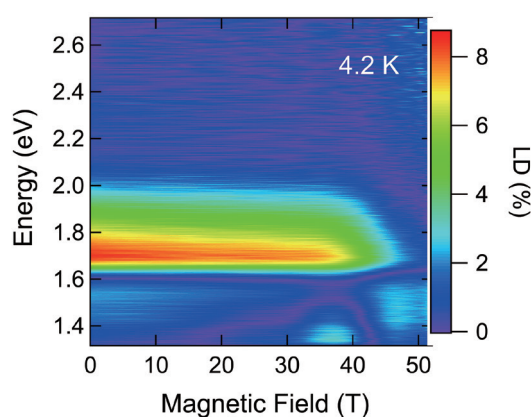
Adv. Mat., Frontier Sci.



特任助教 楊 卓  
Project Research Associate  
YANG, Zhuo

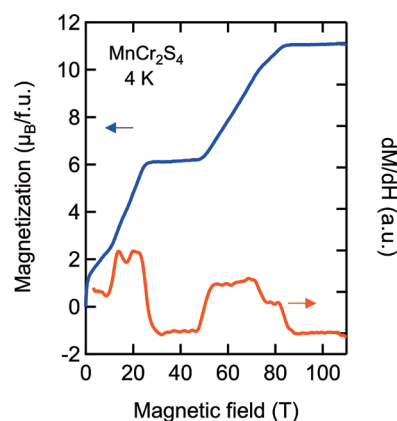
本研究室では、非破壊パルスマグネットの開発・パルス磁場下での新たな測定手法の開発・強磁場物性測定までを一通り行っている。現在、量子カスケードレーザーを用いたパルス磁場下テラヘルツ分光と原子層薄膜試料などの微小試料に対する磁気光学分光（可視・近赤外領域）を試みている。これにより、ファンデルワールス磁性半導体で観測された特異な励起子状態の解明やトポロジカル近藤絶縁体・励起子絶縁体などの特異なバンド構造の理解を深める。また、100 Tを越すメガ Gauss 超強磁場下での物性測定にも積極的に関与している。

We have been working on magnet technology and new measurement techniques for pulsed magnetic fields and also studying ultrahigh-magnetic-field science. Currently, we are developing THz spectroscopy techniques using quantum cascade lasers and magneto-optical spectroscopy for atomic-layer materials. We apply these techniques to van der Waals magnetic semiconductors exhibiting exotic excitons and topological Kondo insulators and excitonic insulators to understand their unconventional band structures. We are also working on megagauss science using destructive pulsed magnets.



ファンデルワールス磁性体  $\text{FePS}_3$  では、ジグザグ磁気構造に由来した巨大な線形二色性が報告されている。超強磁場を印加し、磁気秩序の対称性を変化させることにより、巨大な線形二色性の制御を可能とした。

In the van der Waals magnet  $\text{FePS}_3$ , giant linear dichroism is originating from the zigzag magnetic structure. Ultrahigh magnetic fields can control the giant linear dichroism by changing the symmetry of the magnetic order.



Yafet-Kittel 型フェリ磁性体 ( $\text{MnCr}_2\text{S}_4$ ) の超強磁場磁化過程。Mn と Cr イオン間に働くスピン格子相互作用によってブラター状態を含む多彩な磁気構造をとることを示した。

Magnetization process of the Yafet-Kittel ferrimagnet  $\text{MnCr}_2\text{S}_4$ . Strong spin-lattice coupling between Mn and Cr ions is the origin of its rich phase diagram including a robust magnetization plateau.



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/miyata\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/miyata_group.html)

# 附属計算物質科学研究センター

Center of Computational Materials Science

「富岳」スーパーコンピュータに代表される近年の計算機の発展に伴って、大規模計算や網羅計算による物質科学へのアプローチが盛んである。コンピュータを利用した精密な物性予測によって、磁性体・超伝導における量子臨界現象など物性物理学の基礎的な問題から、半導体デバイス設計や燃料電池における電極反応など近い将来産業応用に結びつくことが期待される応用問題に至るまで、広い範囲において重要な成果が挙げられている。本センターは、データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクトや「富岳」プロジェクトなどを担う拠点として、「富岳」や物性研究所共同利用スパコンを始めとする計算資源の活用を通じて、これらの課題に組織的に取り組んでいる。さらに、コミュニティソフトウェア開発・普及のためのサイト MateriApps の開発・運用と博士課程人材の育成のために計算物質科学高度人材育成・産学マッチングプログラム (MP-CoMS) を進めている。

As symbolized by the Fugaku computer, massively parallel and exhaustive computation is actively used for solving problems in materials science in recent years. In fact, computer-aided science has been providing answers to many problems ranging from the most fundamental ones, such as critical phenomena in quantum magnets, superconductors, and superfluids, to the ones with direct industrial applications, such as semiconductor devices and electrode chemical reactions in batteries. Due to the recent hardware trends, it is now crucial to develop a method for breaking up our computational task and distribute it to many computing units. In order to solve these problems in an organized way, we, as the major contractor of several national projects such as Fugaku Computer Project and the DxMT project, coordinate the use of the computational resources available to our community, including Fugaku and ISSP supercomputers. In addition, we also operate the web site, MateriApps, which offers easy access to various existing codes in materials science, and in order to develop human resources for the doctoral program, we promote the Advanced Human Resource Development and Industry-Academia Matching Program for Computational Materials Science (MP-CoMS).

---

センター長 尾崎 泰助  
Leader OZAKI, Taisuke

---

## 三澤研究室

Misawa Group

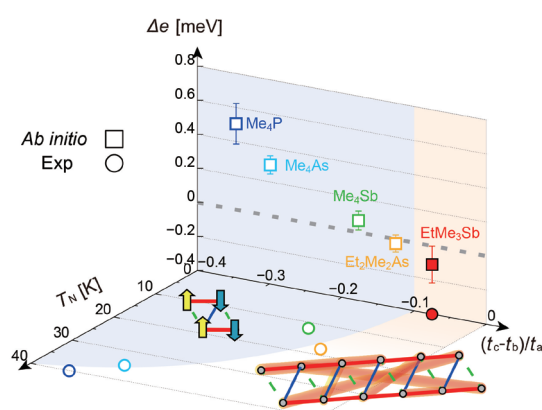
## 研究テーマ Research Subjects

- 1 量子多体系を取り扱う数値計算手法の開発  
Development of numerical methods for quantum many-body systems
- 2 トポロジカル物質における量子輸送現象  
Quantum transport phenomena in topological materials
- 3 量子スピン液体・高温超伝導  
Quantum spin liquid・High-Tc superconductivity
- 4 強相関電子系に対するデータ駆動型研究  
Data-driven research for strongly correlated electron systems



特任准教授 三澤 貴宏  
Project Associate Professor MISAWA, Takahiro

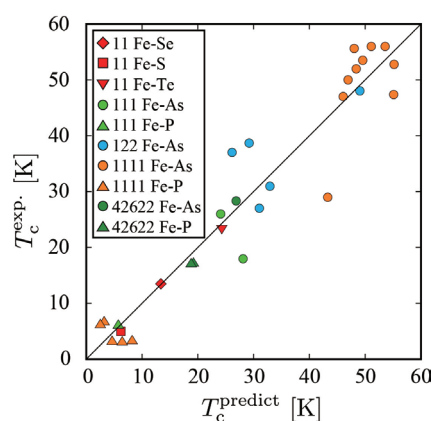
量子多体系の典型例である固体中の強相関電子系では、高温超伝導・量子スピン液体に代表される新奇量子相が数多く発現する。これらの現象を支配している基礎学理を解明して、新現象・新機能を創出することは凝縮系物理学の大きな目標である。本研究室では、この挑戦的な課題に対して、最先端の理論手法とスーパーコンピュータを用いた大規模数値計算を駆使することで取り組んでいる。特に、第一原理計算と高精度量子格子模型解析を組み合わせた第一原理強相関計算手法の開発を行っており、この手法を用いることで、高温超伝導・量子スピン液体・相関トポロジカル相などの新奇量子相の研究を行っている。最近の研究例としては鉄系高温超伝導体の第一原理有効ハミルトニアンデータの科学的解析、分子性固体における量子スピン液体の研究などがある。さらに、第一原理強相関計算手法を用いたデータ創出及びデータを活用したデータ駆動型の研究も進めている。



$\beta'$ -X[Pd(dmit)<sub>2</sub>]<sub>2</sub> (Xはカチオン) の第一原理有効模型の解析を行った結果、第一原理計算で求めた反強磁性相 (AF) と量子スピン液体相 (QSL) のエネルギー差  $\Delta e = E_{\text{QSL}} - E_{\text{AF}}$  (壁面)、は X = EtMe<sub>3</sub>Sb での量子スピン液体発現を含む実験相図 (底面) をよく再現している。

Results of the ab initio effective model analysis of  $\beta'$ -X[Pd(dmit)<sub>2</sub>]<sub>2</sub> (X represents a cation). From the ab initio calculations, we obtain the energy difference between the antiferromagnetic (AF) and quantum spin liquid (QSL) phases,  $\Delta e = E_{\text{QSL}} - E_{\text{AF}}$  (shown at wall surface). We find that the theoretical results well reproduce the experimental phase diagram (shown at bottom surface) including the quantum spin liquid phase at X = EtMe<sub>3</sub>Sb.

In strongly correlated electron systems in solids, which are typical examples of quantum many-body systems, many exotic quantum phases, such as high-temperature superconductivity and quantum spin liquids, emerge. It is a grand challenge of condensed matter physics to elucidate a deep understanding of the physics behind these exotic phenomena and to predict new phenomena and functions based on the understanding. In our laboratory, we tackle this challenging issue by combining state-of-the-art theoretical methods with large-scale numerical calculations using powerful supercomputers. In particular, we have developed an ab initio method for treating strongly correlated electron systems, which combines ab initio calculations with highly-accurate methods for solving quantum lattice models. By using this method, we have studied exotic quantum phases such as high-temperature superconductivity, quantum spin liquids and correlated topological phases. Recent examples of our work include the data analysis of ab initio effective Hamiltonians for iron-based superconductors and the study of quantum spin liquids in molecular solids. In addition, we are now conducting data-driven research using the ab initio method for strongly correlated electron systems.



鉄系超伝導体の第一原理ハミルトニアンの微視的パラメータから構築された回帰モデルから得られた実験で得られた転移温度 ( $T_c^{\text{exp}}$ ) と理論予測した転移温度 ( $T_c^{\text{predict}}$ ) の比較。回帰モデルが実験結果をよく再現できていることがわかる。

Experimental  $T_c$  ( $T_c^{\text{exp}}$ ) vs. predicted  $T_c$  ( $T_c^{\text{predict}}$ ) obtained from the regression model, which is constructed from the microscopic parameters of ab initio Hamiltonians for iron-based superconductors. We can see the regression model reproduce the experimental results well.





# 附属極限コヒーレント光科学研究センター

Laser and Synchrotron Research Center

極限コヒーレント光科学研究センター（LASOR）では、極短パルス、超精密レーザーや大強度レーザーなどの極限的なレーザーおよび、シンクロトロン放射光による先端的なビームラインを開発し、光科学と物質科学を探究している。レーザー科学と放射光科学と両方を包括する国内外でもユニークな組織であり、両者の融合領域を創出している。これらの最先端光源を用いて、テラヘルツから軟X線までの広いエネルギー範囲で、超高時間分解分光、超精密分光、超高分解能光電子分光、スピン偏極分光、顕微分光、回折や光散乱、イメージング、発光分光などの研究を行っている。これらの極限的な光源や分光手法を用いて半導体、強相関物質、有機物質、生体物質、表面、界面などの幅広い基礎物性研究とともに、レーザー加工など、社会が求めている学理の探究や産官学協調領域の創出をねらう。柏I、およびIIキャンパスでのレーザー開発・分光の他に、SPring-8やナノテラスにおいて軟X線分光の研究を行っている。

The Laser and Synchrotron Research Centre (LASOR) is developing new lasers with extreme performance in ultra-precise, high-intensity and ultra-short pulse lasers. The state-of-the-art soft X-ray beamline is also being developed using synchrotron radiation. LASOR is responsible for advanced spectroscopy, such as high-resolution, time-resolved spectroscopy, diffraction or scattering imaging, using new coherent light sources based on laser and synchrotron technology over a wide spectral range from terahertz to X-ray. In LASOR, a wide range of materials sciences for semiconductors, strongly correlated materials, molecular materials, surfaces and interfaces, and biomaterials will be studied, as well as industrial sciences such as laser processing using advanced light sources and advanced spectroscopy. The aim of LASOR is to integrate laser science and synchrotron radiation science. Most of the research activities on the development of new high-power lasers and their application to materials science are carried out at Kashiwa I and II campuses. On the other hand, experiments using synchrotron radiation are carried out at SPring-8 and NanoTerasu.

---

センター長 小林 洋平

Leader KOBAYASHI, Yohei

副センター長 秋山 英文

Deputy Leader AKIYAMA, Hidefumi

副センター長 原田 慈久

Deputy Leader HARADA, Yoshihisa

---

# 板谷研究室 Itatani Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 位相制御された高強度極短パルスレーザーの開発  
Development of phase-stable intense ultrashort-pulse lasers
- 2 軟X線アト秒パルス発生と原子・分子・固体のアト秒分光  
Generation of soft-X-ray attosecond pulse, attosecond spectroscopy of atoms, molecules, and solids
- 3 強レーザー場中での超高速現象の観測と制御  
Measurement and control of ultrafast phenomena in strong optical fields
- 4 超高速軟X線分光法の開発  
Development of ultrafast soft X-ray spectroscopy



教授 板谷 治郎  
Professor ITATANI, Jiro

専攻 Course  
理学系物理学  
Phys., Sci.



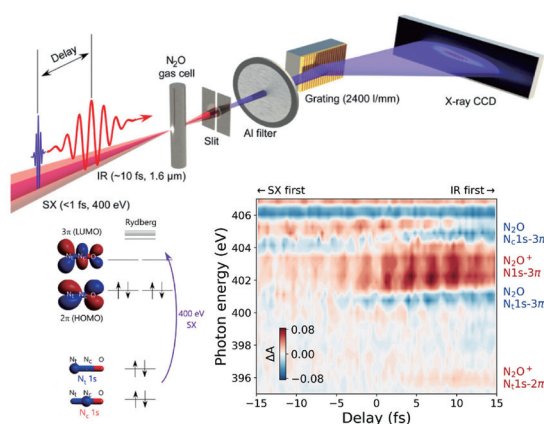
特任助教 水野 智也  
Project Research Associate  
MIZUNO, Tomoya



特任助教 深谷 亮  
Project Research Associate  
FUKAYA, Ryo

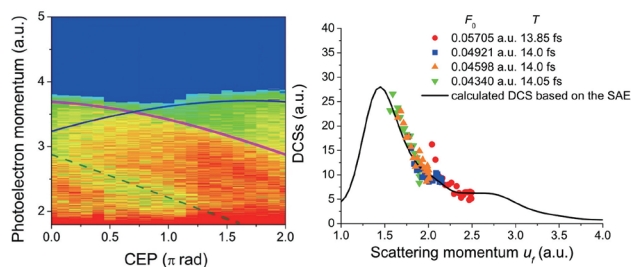
高強度極短パルスレーザーの開発と、フェムト秒からアト秒領域の超高速現象に関する研究を行っている。光源開発に関しては、可視から中赤外領域での位相制御された高強度極短パルス光源の開発と、気体・固体・液体媒質での高次高調波発生を利用した多様な短波長パルス光源に関する研究を行っている。また、チタンサファイアレーザーを超えた次世代極短パルスレーザー光源を目指した光源技術の開発も進めている。光源利用に関しては、アト秒軟X線パルスの超高速分光応用、原子・分子・固体中での高強度光電場で駆動された非線形光学現象に関する研究を主に行っている。位相制御された高強度極短パルス光源を基盤技術とした波長変換により、テラヘルツから軟X線までをカバーした超高速分光が実現可能であり、物質の非平衡状態における動的過程を様々な自由度を通して実時間観測し、さらには光で制御することを目指している。

We are working on the development of intense ultrashort pulse light sources and their applications in ultrafast spectroscopy on the femtosecond to attosecond time scale. In light source R&D, we focus on the generation of waveform-controlled intense optical pulses from the visible to the mid-infrared spectral range and the generation of short-wavelength ultrashort pulses using the physics of high-order harmonic generation in gases, solids and liquids. In addition, we are developing the building blocks of next-generation light sources to overcome the limitations of current Ti:sapphire laser-based technologies. Based on these novel light sources and techniques, we are developing attosecond soft X-ray spectroscopy and other ultrafast methods to probe field-driven nonlinear processes in atoms, molecules, solids, and liquids. Our waveform-controlled intense light sources and related technologies will enable novel ultrafast spectroscopy covering an extremely broad spectral range from THz to soft x-rays. Our goal is to observe and control the ultrafast dynamics of non-equilibrium states of matter through multiple degrees of freedom.



アト秒軟X線パルスを用いたN<sub>2</sub>O分子の過渡吸収分光と、内殻励起に関するエネルギー準位、観測されたサブサイクルの変調を受けた過渡吸収スペクトル。

Schematic of transient absorption spectroscopy of N<sub>2</sub>O molecule using attosecond soft x-ray pulses, energy levels involved in inner-shell excitation, and the observed transient absorption spectra. The observed ultrafast modulation is due to the tunnel ionization of the molecule in a core-hole state.



(左) 強レーザー場中での光電子の再散乱によって得られるキャリア・エンベロープ位相依存性に依存した光電子スペクトル、(右) 観測された光電子スペクトルから再構成された微分散乱断面積と理論との比較。

(Left) Carrier-envelope phase dependence of the photoelectron spectra observed by rescattering of laser-accelerated photoelectrons. (Right) Comparison of the differential scattering cross section reconstructed from the observed phase-dependent photoelectron spectra. The good agreement indicates that quantitative information can be obtained from the high-energy rescattering phenomena.



# 岡崎研究室 Okazaki Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 極低温超高分解能レーザー ARPES による非従来型超伝導の機構解明  
Mechanisms of unconventional superconductivities investigated by ultralow-temperature and ultrahigh-resolution laser ARPES
- 2 高次高調波レーザー時間分解 ARPES による光誘起相転移の機構解明  
Mechanisms of photo-induced phase transitions investigated by HHG laser time-resolved ARPES
- 3 先端レーザーを用いた高分解能・時間分解 ARPES 装置の開発  
Developments of high-resolution/time-resolved ARPES systems using advanced lasers



准教授 岡崎 浩三  
Associate Professor OKAZAKI, Kozo

専攻 Course

新領域物質系

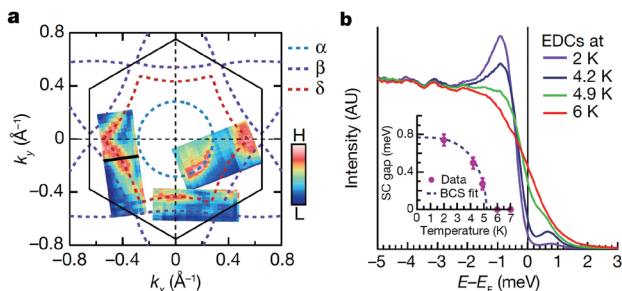
Adv. Mat., Frontier Sci.



助教 鈴木 剛  
Research Associate  
SUZUKI, Takeshi

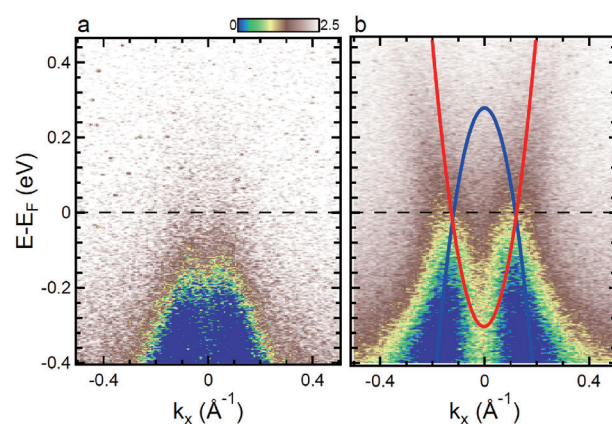
角度分解光電子分光は物質中の電子の運動量とエネルギーの分散関係（バンド構造）を直接観測できる強力な実験手法である。本研究室では、最高エネルギー分解能 70  $\mu\text{eV}$ 、最低測定温度 1 K という世界最高性能を有するレーザー角度分解光電子分光装置を用いて、非従来型超伝導体の電子構造、超伝導ギャップ構造を直接観測することでその機構解明を目指している。また、フェムト秒レーザーをポンプ光、その高次高調波をプローブ光として用いる時間分解光電子分光では、非平衡状態におけるバンド構造の過渡特性も観測できる。本研究室では、高次高調波をプローブ光に用いた時間分解光電子分光装置を用いて、光誘起相転移の機構解明や光による物性制御を目指している。レーザー開発の研究室と協力することにより、先端レーザーを用いた光電子分光装置の開発・改良にも取り組んでいる。

Angle-resolved photoemission spectroscopy is a very powerful experimental technique that can directly observe a dispersion relation between momentum and energy (band structure) of the electrons in solid-state materials. In our group, we are aiming for understanding the mechanisms of unconventional superconductivity by direct observations of the electronic structures and superconducting-gap structures of unconventional superconductors by laser-based angle-resolved photoemission system with a world-record performance that achieves the maximum energy resolution of 70  $\mu\text{eV}$  and lowest cooling temperature of 1 K. In addition, by time-resolved photoemission spectroscopy utilizing a femtosecond laser as pumping light and its high harmonic as probing light, we can observe ultrafast transient properties of the band structure in a non-equilibrium state. We are aiming for understanding the mechanisms of photo-induced phase transitions and control of physical properties of materials by light by using time-resolved photoemission spectroscopy utilizing high harmonic laser as probing light. We are also developing and improving photoemission systems that utilizes advanced lasers in collaboration with the laser development groups.



カゴメ超伝導体  $\text{Cs}(\text{Va,Ta})_3\text{Sb}_5$  ( $T_c = 5.2$  K) のフェルミ面と超伝導ギャップ

Fermi-surface map and superconducting gap of the Kagome superconductor  $\text{Cs}(\text{Va,Ta})_3\text{Sb}_5$  ( $T_c = 5.2$  K)



励起子絶縁体  $\text{Ta}_2\text{NiSe}_5$  における光誘起絶縁体 - 金属転移

Photo-induced insulator-to-metal transition in an excitonic insulator  $\text{Ta}_2\text{NiSe}_5$  observed by HHG laser TRPES. a, b. Spectra before and after pump, respectively.



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/okazaki\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/okazaki_group.html)



# 木村研究室 Kimura Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 超精密加工・計測法を活用した高精度 X 線光学素子の開発  
Development of high-precision X-ray optical devices using ultra-precision fabrication and measurement techniques
- 2 先端光源を活用した新規 X 線顕微イメージング技術の開発  
Development of new X-ray microscopy technology using advanced light sources
- 3 軟 X 線顕微鏡による顕微物性イメージング  
Material property imaging with soft X-ray microscopy
- 4 X 線自由電子レーザーによる液中試料フェムト秒イメージング  
Femtosecond imaging of samples in liquids using X-ray free-electron lasers



准教授 木村 隆志  
Associate Professor KIMURA, Takashi

専攻 Course  
工学系物理学  
App. Phys., Eng.

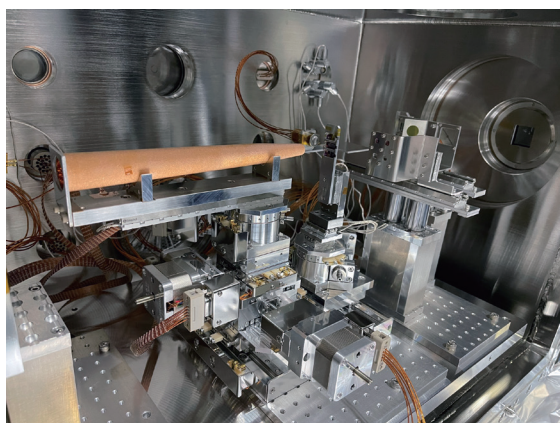


助教 竹尾 陽子  
Research Associate  
TAKEO, Yoko

本研究室では、X 線自由電子レーザーや放射光、高次高調波といった先端 X 線光源と超精密 X 線光学素子を融合した、新たな顕微イメージング技術の開発に取り組んでいる。具体的には、大型放射光施設 SPring-8/SACLA での X 線顕微鏡構築のほか、原子レベルの加工精度を持つ先端半導体製造プロセスを活用した X 線光学素子の設計・作製、レンズレスイメージングのための計算アルゴリズムの開発を行っている。

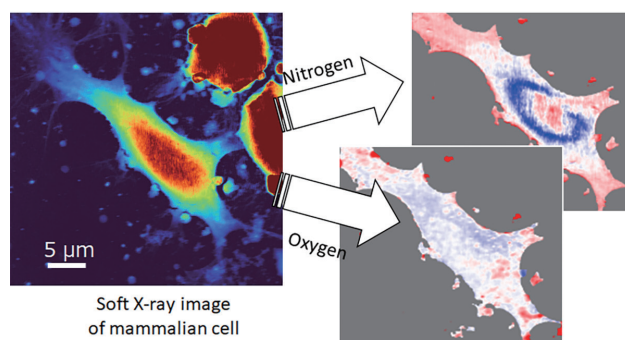
また共同研究者とともに開発した X 線顕微鏡の活用にも積極的に取り組んでおり、ナノ粒子や磁性ナノ構造などの無機試料だけでなく、哺乳類細胞や海洋性プランクトンなど幅広く計測を行っている。対象を問わず、メゾスコピックな微細構造と物性の関係を高い空間的・時間的分解能で結びつけることで、新たなサイエンスを切り拓くことを目指している。

Our laboratory is engaged in the development of next-generation X-ray imaging technologies that combine state-of-the-art X-ray sources—such as X-ray free-electron lasers, synchrotron radiation, and high-order harmonics—with ultra-precise X-ray optical components. Our research includes the construction of advanced X-ray microscopes at large-scale synchrotron radiation facilities such as SPring-8 and SACLA, the design and fabrication of X-ray optics using cutting-edge semiconductor manufacturing techniques with atomic-level precision, and the development of sophisticated computational algorithms for lensless imaging. In close collaboration with domestic and international research partners, we actively apply these technologies to a wide range of samples, including inorganic materials such as nanoparticles and magnetic nanostructures, as well as biological specimens like mammalian cells and marine plankton. By uncovering the relationship between mesoscopic structures and their physical or chemical properties with high spatial and temporal resolution, we aim to open up new frontiers in a variety of scientific fields, including materials science, nanotechnology, and life science.



SPring-8 の BL07LSU に構築した軟 X 線タイコグラフィ装置 CARROT (Coherent Achromatic Rotational Reflective Optics for pTyChpgraphy)。全反射ウォルターミラーを利用した光学系を導入することにより、様々な波長の軟 X 線で試料を 50 nm 程度の分解能でイメージングすることが可能である。

Soft X-ray ptychography system CARROT (Coherent Achromatic Rotational Reflective Optics for pTyChpgraphy). We constructed this achromatic soft X-ray imaging system with 50 nm spatial resolution at BL07LSU of SPring-8.



タイコグラフィにより計測した哺乳類細胞の軟 X 線吸収 (上段)・位相像 (下段)。細胞内の微細構造を薄片化することなく透過観察することが可能である。

Soft X-ray transmission (upper) and phase (lower) images of a mammalian cell measured by ptychography. Intracellular structures can be observed without thinning the sample.





# 小林研究室 Kobayashi Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 高強度超短パルスレーザーシステムの研究開発  
Development of high-power ultrashort pulse laser systems
- 2 レーザー加工の学理  
Fundamental understanding on laser processing
- 3 医療応用中赤外分子分光  
Precision spectroscopy of molecules for medical applications
- 4 サイバーフィジカルシステム  
Cyber-Physical System

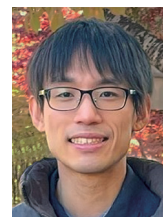


教授 小林 洋平  
Professor KOBAYASHI, Yohei

専攻 Course

工学系物理工学

App. Phys., Eng.



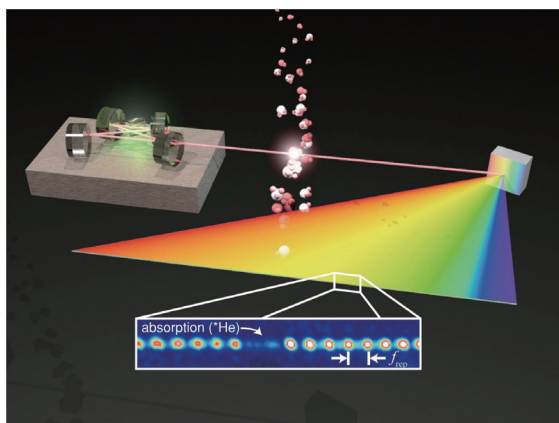
助教 中川 耕太郎  
Research Associate  
NAKAGAWA, Kotaro

最先端レーザーの研究開発とそれを用いた精密・高強度光科学の研究を行っている。特に光周波数コムおよびその応用手法の開発と、超短パルス・ハイパワーレーザーを用いたレーザー加工の学理の構築を中心課題としている。レーザー光源開発は希土類添加セラミックやファイバーの技術を基に、超高繰り返し、超高平均パワーのレーザーシステムを近赤外、中赤外、紫外、真空紫外の波長領域において展開する。超高繰り返しの方向では世界最小のカーレンズモード同期レーザーを保有する。フェムト秒レーザーをベースとした高輝度コヒーレント真空紫外光での光電子分光や呼吸診断を目指した医療応用の中赤外超精密分子分光を行っている。レーザー加工の素過程となる光と物質の相互作用において、レーザー加工の学理構築に取り組んでいる。なぜものは切れるのか？を知りたい。

We are developing advanced laser technologies and their applications. Both ultimate technologies of ultrashort pulse generations and ultra narrow-band laser generations were mixed, the optical frequency comb then was born. It opened up a new research area such as carrier-envelope-phase dependent phenomena, attosecond physics, and precision spectroscopy by using a femtosecond light source. It also realized the high-repetition and high-intensity physics. It could create wide field of applications in the physics, metrology, medical science, and astronomy.

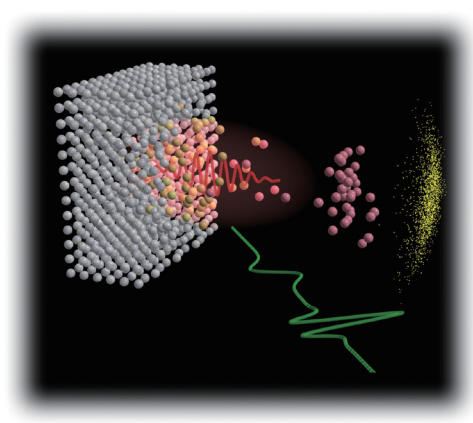
We are developing an Yb-fiber laser-base optical frequency comb, XUV frequency comb, and high-power fiber chirped pulse amplifier system for these applications. The high-repetition-rate laser system will be applied for a calibration of a spectrograph in an observatory or an arbitrary waveform generation in an optical field, or a breath diagnosis.

In addition, we are studying the fundamental processes of laser processing and bridging the gap between them and industrial applications. We would like to know "How is a material cut?"



光周波数コムによる原子分光。自作超高エネルギー分解分光器と超高繰り返しモード同期レーザーとの組み合わせにより縦モードが分離された分光が可能となった。図はメタステーブル He の縦モード分解分光の例。

Optical frequency comb based ultra-high precision spectroscopy. The combination of ultra-high repetition-rate laser and ultra-high resolution spectrograph makes it possible to resolve each comb tooth to detect the meta-stable He atom.



レーザー加工過程のサブピコ秒時間分解測定

Measurement of laser processing dynamics with sub-picosecond time resolution.



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kobayashi\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kobayashi_group.html)

# 近藤研究室 Kondo Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 極限レーザーを励起光源とする超高分解能角度分解光電子分光装置の開発  
Development of a laser-excited ARPES system with ultra-high energy resolution
- 2 角度分解・スピン分解・時間分解光電子分光で見る超伝導やトポロジカル量子相  
Superconductivity and topological quantum phase investigated by angle-, spin-, and time-resolved photoemission spectroscopy
- 3 放射光を利用した光電子分光で研究する強相関電子系物理  
Strongly correlated physics studied by photoemission with synchrotron radiation

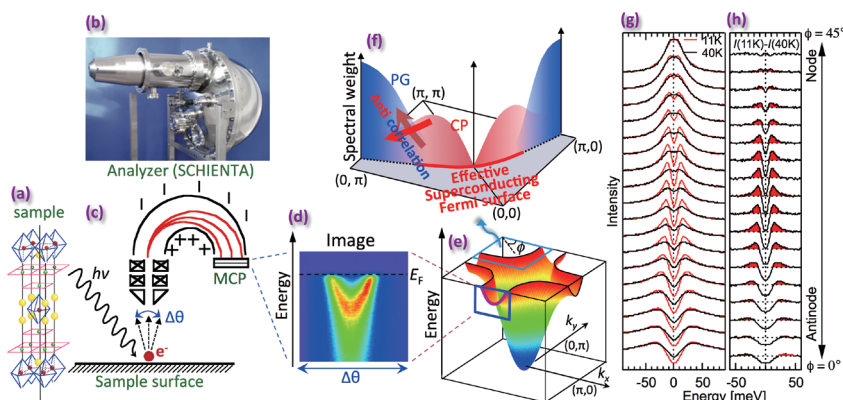


准教授 近藤 猛  
Associate Professor KONDO, Takeshi

専攻 Course  
理学系物理学  
Phys., Sci.

固体中の電子が描くバンド構造は、あらゆる電子物性を理解する上での基礎を与える。角度分解光電子分光は、光で励起する光電子を角度及びエネルギーの関数としてイメージングすることでバンド構造を可視化する強力な実験手法である。この技術をベースとして、バンドが持つスピン構造を同定したり、パルス光で制御する非平衡ダイナミクスをフェムト秒スケールで観測することで、多彩な電子物性がバンド構造を通して見えてくる。当研究室では、このような卓越した光電子分光技術を駆使して、(高温)超伝導体、重い電子系や電子相関系物質、トポロジカル量子相、固体表面や薄膜で制御する量子井戸構造などの電気磁気物性を、直接観察で得られるバンド構造を舞台に研究する。さらには、極限レーザー光源及びそれを用いた高精度な光電子分光装置を開発し、フェルミ準位極近傍の微細な電子構造（エネルギーギャップや素励起との相互作用）を解明する。

The momentum-resolved band structure provides fundamental information to understand the electronic properties of materials. The angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES) is a powerful technique to visualize the band structure by mapping the intensities of photoelectrons as a function of angle and energy. With the spin-resolved technique, we can also identify the spin-polarized character of the band. In addition, the time-resolved ARPES realized with a pump-probe technique can track the reordering process of electron system from its nonequilibrium state. In our laboratory, we utilize these various ARPES techniques and study the following phenomena: nonconventional superconductors, heavy fermions, strongly correlated systems, topological quantum phases, and quantum well states. Furthermore, we develop a new ARPES machine capable of achieving both the lowest measurement temperature and the highest energy resolution in the world by innovating a  $^3\text{He}$  cryostat and a laser source. The state-of-art equipment will enable us to identify even a subtle electronic feature close to the Fermi level, such as an energy gap and a mode-coupled dispersion, which is typically tied to exotic behaviors of conduction electrons.



(a) 銅酸化物高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+d}$  の結晶構造。(b) 光電子アナライザー。(c) 角度分解光電子分光実験の模式図。(d) バンド分散のスナップショット。(e) バンド構造の全体図。(f) フェルミ面周りで描く超伝導と擬ギャップの競合関係。(g) 超伝導転移温度 ( $T_c$ ) より高温 (黒線) と低温 (赤線) で測定したフェルミ面周りのスペクトル。(h) (g) で示すスペクトルの  $T_c$  上下での差分。超伝導成分が赤で塗られており、(f) で模式的に示す赤の領域と対応する。

(a) Crystal structure of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+d}$  high- $T_c$  superconductor. (b) ARPES analyzer. (c) Diagram of ARPES experiment. (d) Snapshot of dispersion image. (e) Whole band structure. (f) Competition between superconducting gap and pseudogap. (g) Spectra around Fermi surface below (red) and above (black) superconducting transition temperature ( $T_c = 35\text{K}$ ). (h) Difference between the curves in (g). Coherent spectral weight is painted with a red color, which is corresponding to the red region represented in (f).



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kondo\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/kondo_group.html)

# 原田研究室 Harada Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 水溶性液体の電子状態とマイクロ不均一性、固液界面の相互作用に関する研究  
Electronic structure analysis of aqueous solutions to study microheterogeneity and interaction at solid-liquid interfaces
- 2 電池触媒、電池電極の表面反応解析、電気化学反応、光触媒反応解析、金属タンパク質の機能解析のためのその場分析手法の開発  
Development of in situ soft X-ray spectroscopy for surface reaction of battery catalysts and electrodes, electrochemical reaction, photocatalytic reaction and functionality of metalloproteins
- 3 強相関物質における素励起(結晶場励起、スピン励起、マグノン励起、電荷密度波励起、軌道波励起)の直接観測とその成因の研究  
Study on the origin and observation of elementary excitations (crystal field excitation, spinon, magnon, charge density wave, orbiton) in strongly correlated materials
- 4 軟X線発光分光の超高エネルギー分解能化と時間分解分光のための基礎光学研究  
Basic study on ultrahigh energy resolution optics for soft X-ray emission and time-resolved spectroscopy

当研究室では、世界最高輝度の放射光X線源の一つであるSPring-8とNanoTerasuにおいて‘軟X線’と呼ばれる光を用いて新しい分光法を開拓し、物質の電気的、磁気的性質、光学応答を司る電子状態をその成因に遡って調べる研究を行っている。特に光散乱の一種である軟X線発光分光に着目し、強相関物質における素励起(結晶場励起、スピン励起、マグノン励起、電荷密度波励起、軌道波励起など)の直接観測とその成因の研究、水溶性液体、固液界面/気液界面の電子状態とマイクロ不均一性の観測、燃料電池触媒・二次電池電極の表面反応解析、光触媒反応解析のためのその場(オペランド)分析装置の開発、金属タンパク質の電子状態解析など、軟X線発光分光を適用しうるあらゆる物質群を研究対象としている。また基礎光学研究として軟X線吸収・発光分光の超高性能化のためのR&D、および木村隆志研究室と共同して軟X線顕微分光イメージングの応用研究を行っている。



教授 原田 慈久  
Professor HARADA, Yoshihisa

専攻 Course

新領域物質系

Adv. Mat., Frontier Sci.

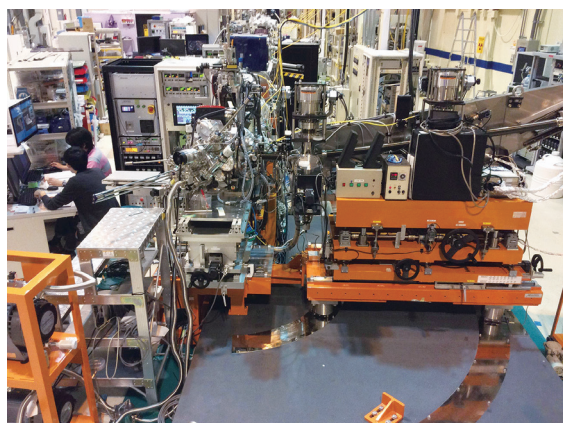


助教 木内 久雄  
Research Associate  
KIUCHI, Hisao



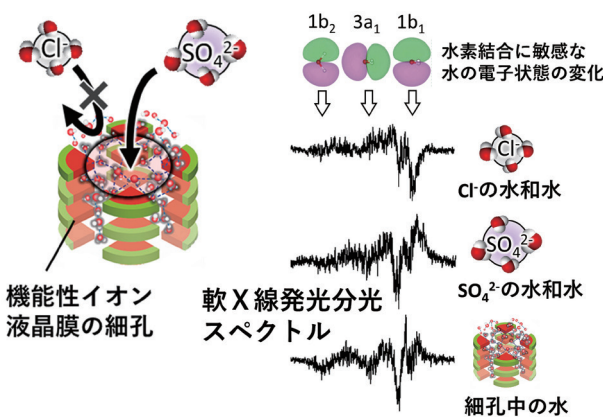
特任助教 島村 勇徳  
Project Research Associate  
SHIMAMURA, Takenori

We explore the origin of the electronic structure of materials responsible for their electronic, magnetic and optical property using intense and energy tunable synchrotron X-ray source: SPring-8 and NanoTerasu, one of the most brilliant synchrotron facilities in the world. We have developed novel spectroscopies for material science in ‘soft’ X-ray region. We are leading the world’s soft X-ray emission spectroscopy, a kind of light scattering powerful for electronic structure analyses of liquids and operando spectroscopy of a variety of catalysts. Our topics include a study on elementary excitations (crystal field excitation, spinon, magnon, charge density wave, orbiton etc.) in strongly correlated materials, electronic structure analysis of aqueous solutions, interaction at solid-liquid and gas-liquid interfaces, the surface reaction of fuel cell battery catalysts and rechargeable battery electrodes, electronic structure analysis of reaction center in metalloproteins, electrochemical and photocatalytic reactions. We also explore basic study on high performance soft X-ray absorption and emission spectroscopy as well as advanced application of soft X-ray spectroscopic imaging in collaboration with Prof. Takashi Kimura laboratory.



当研究室がSPring-8で独自に開発した50 meVの高エネルギー分解能を持つ角度分解軟X線発光分光装置。2024年4月よりNanoTerasuで稼働している。

Angle-resolved soft X-ray emission spectrometer with high energy resolution of 50 meV, originally developed by our laboratory at SPring-8, which is moved and operated at NanoTerasu from April 2024.



極めて均一かつナノメートルサイズの穴を持つ機能性イオン液晶膜が、特定のイオンを選択的に透過するために「イオンを取り巻く水の水素結合構造を認識している」ことが軟X線発光分光で明らかとなった。

Soft X-ray emission spectroscopy has revealed that functional ionic liquid crystalline membranes with extremely uniform, nanometer-sized pores recognize the "hydrogen-bonded structure of water surrounding the ions" in order to selectively permeate specific ions.



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/harada\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/harada_group.html)



# 松田巖研究室

I. Matsuda Group

## 研究テーマ Research Subjects

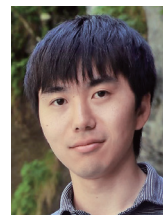
- 1 オペランド X 線実験による表面上分子・キャリアダイナミクスの研究  
Operando X-ray experiments to study molecule and carrier dynamics at surfaces
- 2 X 線自由電子レーザーを用いた非線形 X 線分光の研究  
Study of non-linear X-ray spectroscopy by X-ray free electron laser
- 3 単原子層材料の設計と合成  
Design and synthesis of novel functional materials of the monatomic layer
- 4 AI ロボットを用いた X 線分光実験技術の開発  
Technical developments of X-ray spectroscopy experiments using AI robots



教授 松田 巖  
Professor MATSUDA, Iwao

専攻 Courses

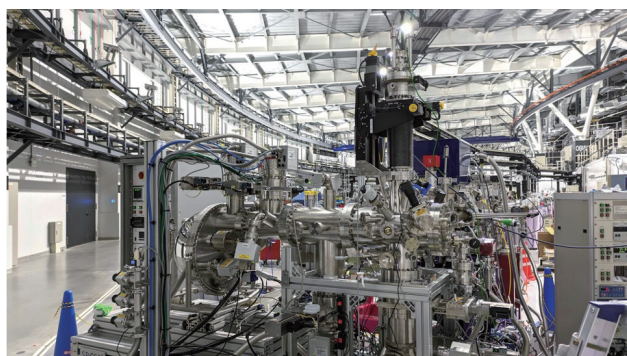
理学系物理学 理学系化学  
Phys., Sci. Chem., Sci.



助教 堀尾 真史  
Research Associate  
HORIO, Masafumi

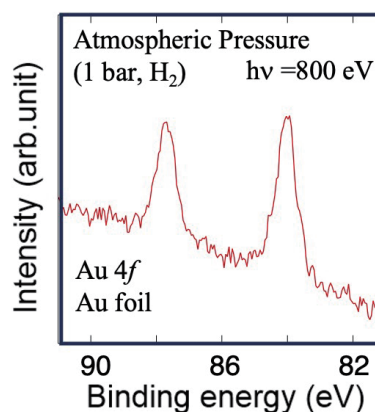
高輝度放射光や X 線レーザーから発生する真空紫外線～軟 X 線を用いた吸収分光・光電子分光・非線形分光の計測技術を開発し、自作装置（左図）を使って材料の動作下における状態変化を「その場」観測するオペランド実験を実施している。放射光施設では固気界面の化学状態を直接調べることができる光電子分光測定を超高真空から大気圧条件下まで実現し、モデル物質から実在材料の物性と機能性を明らかにしている。さらに研究室では新たな測定原理の開拓に加えて、AI ロボット技術の導入も推進している。対象としている物質群は主にディラック電子系を有した単原子層や強相関物質の表面／界面系であり、それぞれの電子物性および機能性の研究を行っている。学理とインフォマティクスを元に、我々の精密な計測データで情報をフィードバックさせながら新規材料の設計と合成を行い、その社会実装を目指している。

We have developed measurement techniques for absorption spectroscopy, photoelectron spectroscopy, and nonlinear spectroscopy using vacuum ultraviolet rays to soft X-rays, generated from high-brilliant synchrotron radiation (SR) and X-ray lasers. We have focused on *operando* experiments to make in situ observations of a material during its operation. At the SR facility, we have realized photoelectron spectroscopy measurements under conditions from ultrahigh vacuum to ambient pressure, unveiling properties and functionalities of the model and actual systems (See the Figures). Our instrumental developments are based on pioneering new measurement principles and, recently, they are combined with the AI robot technology. Our material targets are mainly monatomic layers with the exotic Dirac electrons and surface/interface systems of strongly correlated materials. Based on the fundamental theories and informatics, we design and synthesize novel materials while feeding back information using our precise measurement data. We aim to implement our functional materials in society.



オペランド実験ステーション：雰囲気光電子分光装置。放射光施設に設置されており、触媒や電池など様々な化学反応の解明に使用される。表面化学反応の中間体をリアルタイムで捉えることができる。

An *operando* experiment station of ambient-pressure X-ray photoelectron spectroscopy, developed at the synchrotron radiation facility. The instrument probes intermediates during chemical reaction at the surface in real time.



本研究室で達成した完全大気圧下での軟 X 線光電子分光測定（金箔の Au 4f 内殻準位）。

The real ambient pressure soft X-ray photoelectron spectrum, measured and achieved at the laboratory (Au 4f core-levels of a Au foil).



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/i\\_matsuda\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/i_matsuda_group.html)



# 松永研究室 Matsunaga Group

## 研究テーマ Research Subjects

- 1 テラヘルツ - 中赤外超短光パルス技術開発  
Development of ultrafast pulsed laser technique in terahertz-mid infrared range
- 2 光電場で駆動された多体系の超高速ダイナミクス  
Ultrafast dynamics of many-body systems driven by light field
- 3 トポロジカル半金属における非線形応答と非平衡現象  
Nonlinear responses and nonequilibrium phenomena in topological semimetals
- 4 テラヘルツ高速スピントロニクス  
High-speed terahertz spintronics



准教授 松永 隆佑  
Associate Professor MATSUNAGA, Ryusuke

専攻 Course

理学系物理学

Phys., Sci.



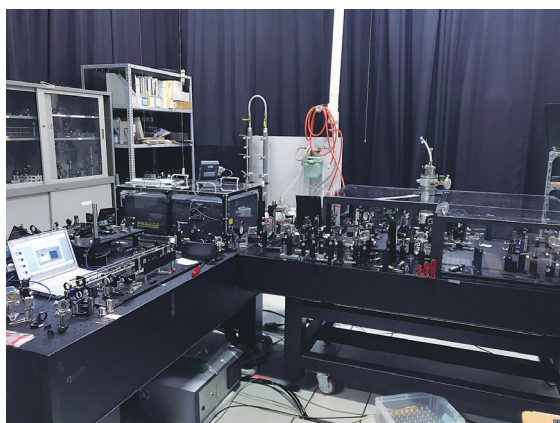
助教 室谷 悠太  
Research Associate  
MUROTANI, Yuta



特任助教 湯本 郷  
Project Research Associate  
YUMOTO, Go

テラヘルツから中赤外・近赤外・可視域にわたるコヒーレント光源を用いて、物質の光応答と光電場によって誘起される非平衡状態の性質を調べている。特にテラヘルツ周波数帯のフォトンエネルギーは数 meV 程度であり、物性物理において重要なフェルミ面近傍の電磁応答を調べることができる重要な実験手法となっている。さらに近年開発された極めて高い電場尖頭値を持つ高強度テラヘルツ波を駆使することで、低エネルギーの素励起を共鳴的に強く励起する、あるいは物質中の素励起よりもさらにエネルギーの低い光電場による非共鳴的励起によってコヒーレントな相互作用を調べることが可能である。テラヘルツ発生及び検出技術と非線形分光測定手法を開発するとともに、超伝導や反強磁性のような多体系の秩序に現れる集団励起や、トポロジカル半金属において巨大に現れる非線形応答、高速スピン輸送現象など、非平衡状態で現れる物質の新たな状態を調べ、その機能性を明らかにする。

We use coherent light sources based on ultrafast pulsed laser technology to generate terahertz wave, mid- and near-infrared, and visible light to study the dynamics of light-induced nonequilibrium processes in a variety of materials. Particularly terahertz spectroscopy can reveal low-energy electromagnetic responses of materials on the range of millielectronvolts, which include crucial details for the dynamical motions of electron, phonon, or spin degrees of freedom in condensed matter physics. A novel route for optical control of materials by strong resonant or off-resonant excitation by light field has also been made possible by recently discovered powerful terahertz pulse production technology. We explore superconductivity or antiferromagnetism, gigantic nonlinearity of topological semimetals, and high-speed spin transport phenomena, in addition to the development of phase-stable terahertz generating and detection techniques and novel nonlinear spectroscopy schemes.



高強度テラヘルツパルス発生および位相安定中赤外パルス発生に用いるフェムト秒再生増幅パルスレーザーシステム

Regenerative-amplified femtosecond pulse laser system for intense terahertz wave generation and phase-locked mid-infrared light generation



テラヘルツ電磁応答および Hall 伝導測定に用いる透過・反射・偏光回転精密計測システム

Transmission, reflection, and polarization rotation spectroscopy system for terahertz electromagnetic response and Hall conductivity measurements



[https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/matsunaga\\_group.html](https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/labs/matsunaga_group.html)

# 軌道放射物性研究施設 / 柏(E棟)・播磨(SPring-8内)・仙台(ナノテラス内)

Synchrotron Radiation Laboratory / Kashiwa (E-building)・Harima (in SPring-8)・Sendai (in NanoTerasu)

軌道放射物性研究施設（SOR 施設）は高輝度放射光や軟 X 線レーザーを利用した先端物性研究や実験技術の開発研究を播磨、仙台、柏の3拠点で行っている。

播磨オフィスでは、高輝度放射光施設 SPring-8 で開発・運用してきた世界最高性能の高速偏光スイッチング軟 X 線アンジュレタビームラインを 2022 年度に理研に移管し、現在は理研と共同で軟 X 線分光イメージングステーションの R&D を行っている。また SPring-8 に隣接した X 線自由電子レーザー施設 SACLA では非線形 X 線光学の研究分野を開拓し、その学理を探究すると共に新たな分光法としての技術開発を行っている。

仙台オフィスは 2022 年 11 月に開室し、東北大学青葉山新キャンパス内にて整備が進む新しい 3 GeV X 線光源施設 NanoTerasu に雰囲気光電子分光ステーション、高分解能軟 X 線発光分光ステーション、3 次元ナノ ESCA ステーションを移設して測定技術のさらなる高度化を図り、2024 年度より運用を開始している。

柏の物性研 E 棟では LASOR レーザーグループとの連携で高次高調波発生によるレーザー光源を用いたスピン・時間・角度分解光電子分光装置及び 2 次元角度・時間分解光電子分光装置を整備し、共同利用に供している。

The Synchrotron Radiation Laboratory (SRL) advances novel materials research by developing soft X-ray spectroscopic techniques using the high-brilliance synchrotron radiation source and soft X-ray lasers at three sites, Harima, Sendai, and Kashiwa.

In the Harima office, the world's highest performance fast polarization-switching soft X-ray undulator beamline, developed and operated until 2022, was transferred to RIKEN, and R&D of a soft X-ray spectroscopic imaging station is conducted in collaboration with RIKEN SPring-8. At the X-ray free electron laser facility, SACLA, nonlinear X-ray spectroscopy was developed and the updates have been carried out.

The Sendai office opened from November 2022, and ambient pressure photoemission spectroscopy, three-dimensional nanoESCA, and high-resolution soft X-ray emission spectroscopy stations have been transported to the new 3GeV X-ray source facility NanoTerasu, which is being built at the new Aobayama campus of Tohoku University. These experimental stations have been upgraded and have been in operation since FY2024.

At Kashiwa campus, there are two end-stations of photoemission spectroscopy in the E-building that have been available for the joint-research program. One station is dedicated to the spin-, time-, and angle-resolved photoemission spectroscopy and the other is to the two-dimensional angle- and time-resolved photoemission spectroscopy. The light source is a laser that is based on the high-harmonic generation and it is operated in collaboration with the LASOR laser group.

施設長 原田 慈久

Leader HARADA, Yoshihisa

副施設長 松田 巖

Deputy Leader MATSUDA, Iwao



<https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/organization/sor.html>

# 共通施設

## Supporting Facilities

物性研究所には研究活動を円滑に進めていくための共通施設が設けられている。低温実験に不可欠な液体ヘリウムや液体窒素を製造・供給する低温液化室、様々な機械工作を行う工作室、X線装置や放射性試料の管理を行う放射線管理室、本や雑誌を多数取り揃え、科学文献や情報の供覧・管理を行う図書室などがある。2022年から微細加工等を行う量子物質ナノ構造ラボが開設され、さらに充実した。

ISSP provides various facilities to support research activities such as the cryogenic service laboratory for supplying liquid helium and liquid nitrogen, the machine shop for various machining, and the radiation safety laboratory for safety in experiments that utilize X-ray,  $\gamma$ -ray and radioactive materials, and the library. In addition, by opening the Laboratory of Nanoscale Quantum Materials in 2022, ISSP has enriched our capacity for research and experimentation including nanofabrication among others.

## 量子物質ナノ構造ラボ

### Laboratory of Nanoscale Quantum Materials

運営委員長 橋坂 昌幸  
Chairperson: HASHISAKA, Masayuki

助教 遠藤 彰  
Research Associate: ENDO, Akira

技術専門職員 橋本 義昭  
Technical Specialist: HASHIMOTO, Yoshiaki

量子物質ナノ構造ラボでは、所内外で合成された新奇物質を微細加工してデバイス化し、所内の様々な先端計測と結びつけ、量子物性研究を推進することをミッションとしている。ラボスタッフは随時加工相談を受け付けてユーザーへのアドバイスや講習を行う。所内のユーザーは講習を受けることで自ら各装置を利用できる。所外のユーザーも共同利用で来所して自ら各装置を利用できる。

Our goal is to promote solid-state physics research by fabricating novel materials into micro- or nanoscale devices and linking them to various advanced measurement technologies at ISSP. The laboratory staff is available for consultation on fabrication processes and provides advice and training to users. Users within the institute can use the equipment by themselves after appropriate training. Users outside the institute can also use the equipment under the joint-research program.

#### 主要設備

電子線リソグラフィー装置、マスクレスフォトリソグラフィ装置、集束イオンビーム加工装置、イオンエッチング装置、原子間力顕微鏡、走査型電子顕微鏡、レーザー顕微鏡、ワイヤーボンダー装置、電子線蒸着装置、スパッタ蒸着装置、原子層堆積装置、希釈冷凍機

#### Main Facilities

Electron beam lithography system, Maskless photolithography system, Focused ion beam processing system, Dry etching system, Atomic force microscopy system, Scanning electron microscopy system, Laser microscopy system, Wire bonding system, Electron beam deposition system, Sputtering deposition system, Atomic layer deposition system, Dilution refrigerator system



電子線リソグラフィー装置 (エリオニクス)。最高加速電圧は 75 kV。ビーム径は 2 nm。

Electron beam lithography system (Elionix). The highest acceleration voltage is 75 kV. The beam diameter is 2 nm.



## 低温液化室

### Cryogenic Service Laboratory

低温委員長 徳永 将史  
Chairperson : TOKUNAGA, Masashi

技術専門職員 土屋 光  
Technical Specialist : TSUCHIYA, Hikaru

技術専門職員 鷺山 玲子  
Technical Specialist : SAGIYAMA, Reiko

一般技術職員 佐々木 貴子  
Technical Associate : SASAKI, Takako

低温液化室は液体ヘリウムと液体窒素の供給、および低温技術に関するサービスや柏キャンパス全体の高圧ガスボンベの管理を行っている。液体ヘリウムは研究者や学生の物性研究のために供給される。蒸発したヘリウムガスを回収し、精製して再液化する。2024年度の液体ヘリウムの生成量と供給量はそれぞれ約203,470 L、130,421 Lである。液体窒素は外部より購入し、供給している。2024年度の液体窒素の使用量は721,612 Lとなっている。

Cryogenic Service Laboratory supplies liquid helium and liquid nitrogen, provides general services concerning cryogenic techniques, and manages high-pressure gas cylinders for the researchers and the students in Kashiwa Campus. The laboratory has its own liquefiers to produce liquid helium from the evaporated helium gas that is recovered and purified for recondensing. The recondensed liquid helium is transferred from a 10,000 L storage vessel to various small storages for users by using a centrifugal immersion pump system. The liquid nitrogen is purchased from outside manufacturer. In the fiscal year 2024, liquid helium of 203,470 L was produced, of which 130,421 L was supplied to users, and liquid nitrogen of 721,612 L was supplied.

主要設備	Main Facilities	
ヘリウム液化装置Ⅰ(リンデ)	Helium liquefier system I (Linde)	200 L/hr
ヘリウム液化装置Ⅱ(リンデ)	Helium liquefier system II (Linde)	233 L/hr
液体ヘリウム貯槽	Liquid helium storage vessel	10,000 L
液体窒素貯槽	Liquid nitrogen storage tanks	20,000 L
回収用ヘリウムガス圧縮機	Helium gas recovery compressor	190 m <sup>3</sup> /hr
遠心式ヘリウム汲上げポンプ	Centrifugal liquid helium pump system	20 L/min

#### ヘリウム再液化事業

世界的なヘリウム需要の高まりによる学術機関への影響を緩和するため、物性研が所有するヘリウム液化装置の利用を学外にまで拡大した再液化事業を2019年より開始した。持ち込まれたヘリウムガスの精製・再液化を行い、液体ヘリウムを提供する。これにより、限られた資源であるヘリウムの回収・精製・再液化が広がることを期待する。

#### Helium Liquefying Service

The continuous increase of the world-wide demands of the scarce natural gas of helium causes the repeated crises in obtaining helium gas for academic institutions, requiring actions for the promotion of recycling helium gas. Since 2019, Cryogenic Service Laboratory opens the use of the helium liquefier system for business outside the University of Tokyo. The helium gas brought by external users is liquefied after purifications, providing liquid helium for the external users. This service is expected to advance the recycle of helium gas that is otherwise vented to air.



ヘリウム液化機、貯槽及び遠心汲上げポンプ  
Helium liquefier, storage, and transfer system

## 工作室

### Machine Shop

工作委員長 金道 浩一  
Chairperson : KINDO, Koichi

特任専門職員 川口 孝志  
Project Specialist : KAWAGUCHI, Koushi

一般技術職員 坂 遥希  
Technical Associate : SAKA, Haruki

学術専門職員 降幡 宏  
Project Academic Specialist : FURIHATA, Hiroshi

技術補佐員 村貫 静二  
Technical Staff : MURANUKI, Seiji

工作室は、研究上緊急を要する工作物の加工、研究用の特色ある装置と部品の製作及びその改良、そして装置設計の相談と助言を行っている。また、研究者自らが研究に必要な機械工作を行うための研究者工作室も設置されている。

The machine shop consists of a metal shop and a researcher's machine shop, which are equipped with various facilities for designing metal. They supply researchers required various original devices and instruments.

主要設備  
機械工作室 : 5軸制御マシニングセンター、NC旋盤、操作フライス盤  
研究者工作室 : 万能旋盤、精密小型旋盤、フライス盤、ボール盤

#### Main Facilities

Metal Shop : Five-Axis Universal Machining Center, Numerically Controlled Lathe, Numerically Controlled Milling Machine  
Researcher's Machine Shop : Universal Lathes, Precision Lathes, Milling Machine





# 放射線管理室

Radiation Safety Laboratory

放射線管理委員長 山浦 淳一  
Chairperson : YAMAURA, Jun-ichi

特任専門職員 野澤 清和  
Project Specialist : NOZAWA, Kiyokazu

放射線管理室は、物性研究所における放射性物質（U 等 核燃料物質を含む）や放射線発生装置（X 線装置を含む）の取扱において、放射線取扱者の放射線障害を防止し、安全を確保することを目的として設置されている。そのため、放射線取扱に関わる全所的な放射線管理業務として、放射性物質や放射線発生装置の新規使用、変更及び廃止に伴う法律手続き、監督官庁に提出する放射線管理報告書等の作成、放射線管理区域の線量測定、X 線装置等の定期検査の実施及び放射線取扱者の被ばく線量や特別健康診断の記録、放射線取扱者の教育訓練等を行っている。また、当室には、U、Th などの非密封核燃料物質や  $^{22}\text{Na}$  密封線源を用いた研究などができる実験室や各種放射線（X 線を含む）検出器を備えている。

The aims of this laboratory are to protect researchers from irradiation due to radioactive sources, X-rays,  $\gamma$ -rays and so on and to provide rooms for radiation experiments and radiochemical operations by use of unsealed U, Th and sealed  $^{22}\text{Na}$  sources. Various types of survey-meters are provided.

### 主要設備

化学実験室（非密封核燃料物質を解放で扱える物性研究所唯一の実験室）、ポジトロン実験室（ $^{22}\text{Na}$  密封線源を用いた低速ポジトロンビームによる実験が行える）、熱蛍光線量計、Ge 半導体検出器、 $\alpha$  線検出器、液体シンチレーションカウンター、各種サーベイメーター等、汚染検査室（ハンドフットクロスモニターによる汚染の確認）

### Main Facilities

The rooms for radiation experiments and radiochemical operations (unsealed U, Th and sealed  $^{22}\text{Na}$  source), various types of surveymeters, and, 7ch hand-foot-clothing monitor.



ハンドフットクロスモニター  
The 7ch hand-foot-clothing monitor

### 図書室

Library

物性研究所図書室は、所内のみならず全国の共同利用研究者の研究・教育活動に資するべく、多様な物性科学に関する学術雑誌・図書を収集し、利用に供している。電子書籍の収集にも注力している。

The ISSP Library collects journals, books, and, more recently, e-books on diverse condensed matter physics to support research and educational activities for joint-use and joint-research, as well as internal research in ISSP.

### 国際交流室

International Lieson Office

国際交流室では、物性研究所の国際交流・国際化推進に向けた支援を目的として、外国人客員所員制度等の国際連携制度や国際ワークショップの運営支援、英文での情報発信、外国人研究員の来日支援などを行っている。

To promote the international collaborative research and the internationalization of the Institute, the International Liaison Office assists in administrating ISSP International Collaboration Programs that include the visiting professorship program and ISSP international workshops.

### 情報技術室

Information Technology Office

情報技術室では、物性研究所 LAN および WWW サーバ（物性研ホームページ）他の各種サーバの管理運用を行い、大学院生を含めた全所内ユーザに提供している。

Information Technology Office operates the local area network in ISSP, and WWW servers for the ISSP home page (<https://www.issp.u-tokyo.ac.jp>), and it provides other servers to support all the users in ISSP.

### 学生・教職員相談室

Counseling Services

学生・教職員相談室では、個々の相談に応じてさまざまな対応を行い、解決策を探る手伝いを行っている。

A broad array of counseling and referral services are provided to students, faculties and staffs.

### 広報室

Public Relations Office

広報室は、物性研究所の研究成果やアクティビティを広く一般に情報発信する業務を行っている。

The Public Relations Office is responsible for disseminating information about the research results and activities of the ISSP to the general public.

### ストックルーム

Stock Room

ストックルームは、回路部品、真空部品など実験に共通して必要とされる消耗品、その他文房具などの共通物品をそろえている。

Stock room supplies stationery and parts that are commonly used in research and experiments.

