

cems.riken.jp

CEMS

Center for Emergent Matter Science

創発物性科学研究センター



2026



国立研究開発法人理化学研究所 創発物性科学研究センター
〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1
Email: cems@riken.jp



環境調和型の持続可能な社会の実現



Message センター長ご挨拶

創発物性科学研究センター（RIKEN Center for Emergent Matter Science; CEMS）は、物理、化学、エレクトロニクスの基礎を統合し、研究のトップリーダーと次代を担う若手研究者を糾合した研究センターとして、2013年に誕生しました。「創発」とは、多数の構成要素からなる集合体において、個々の要素の性質の単なる足し算を超えた質的に異なる性質が出現することを意味する言葉です。

CEMSでは、物質中に存在する電子やスピンや分子の動きを制御することで、創発物性・機能の発現とその舞台となる物質やデバイスの創製を目指します。お互いに作用を及ぼしあう極めて多数の電子が示す物性機能を探る「強相関物理」、分子系が形成する超構造を設計し画期的な機能発現の場を提供する「超分子機能化学」、および、量子力学の支配する絡み合いを状態変数として利用する「量子情報エレクトロニクス」がCEMSの3つの基幹分野です。各分野の研究者が自らの興味に根差

した新たな知の創造を目指すとともに、その知を糾合することによって、地球環境の持続と人類全体の未来の発展に結びつけます。

CEMSは、発足以来、「第3のエネルギー革命」を先導するような物質中の電子が示すエネルギー機能の開拓に取り組んでいます。18世紀末の産業革命は、人や動物の労働を石炭の燃焼エネルギーで置き換えました。19世紀には電磁気学が確立し、その知見に基づいた電気エネルギーの利用が始まりました。現在に至るまで、石炭、石油、原子力、天然ガス、水流、風などさまざまなエネルギー源からタービンの運動という力学エネルギーを経由して、電磁誘導によって電気エネルギーに転換し続けています。しかし、地球温暖化が人類の脅威となり、カーボンニュートラルが必達の目標となった今日、力学エネルギーを経由しない電気エネルギー創成への転換が必要です。CEMSは、電気エネルギーが物質中の電子の振る舞いそのものであ

ることに立ち返り、物質の創発性に基づく新たな電磁気学の創成に挑戦しています。

急速に進む情報革命が地球沸騰と呼ばれる状況に及ぼす影響からも目をそらせません。情報の取得、記録、演算、伝達のそれぞれの場面における電気エネルギー消費が急拡大を続けているからです。物質の中には情報の蓄積や変換がエネルギーの蓄積や変換とほとんど等価に扱えます。CEMSが取り組む創発電磁気学は、エネルギー消費の抑制と高度情報化社会の実現の両立にも役立つはずです。

CEMSでは、従来技術・原理の改良や延長ではなく、物性科学基礎研究からのアプローチによってのみ可能な、革新的な原理と新しい物質の発見を目指し続けます。

創発物性科学研究センター センター長

有馬 孝尚

有馬 孝尚

創発物性科学研究センター
RIKEN Center for Emergent Matter Science

物理・化学・エレクトロニクスの3分野のトップ研究者が集まり、創発現象の学理を明らかにするとともにその応用への道を拓きます。

創発物性科学研究センターは、「強相関物理」「超分子機能化学」「量子情報エレクトロニクス」の3つの分野からなります。世界トップの研究者が国内外から集結し、約40の研究グループ・研究チーム・研究ユニット、約170人の研究者を擁する、世界有数の物性科学の研究拠点です。

それぞれの分野を専門に研究するセンターは世界にいくつもありますが、この3分野を集結したセンターは他にはありません。環境調和型の持続可能な社会の実現には、物理・化学・エレクトロニクスの3分野の協力が不可欠です。この3つの分野が集まることで、研究にも「創発現象」が起きて、予測もしなかった画期的な成果が生まれると確信しています。

創発物性科学研究センターが目指すのは、すぐに実用化が見込めるような技術の開発ではありません。既存の技術の延長ではなく、50年、100年先においても人類社会に貢献できる革新的な技術原理を追求します。そのためには、基礎研究にも力を注ぎ、新しい学理を構築することが不可欠です。

3つの分野の最先端を切り拓いてきた研究者と、従来の学理にとらわれず新しい発想を持った若い研究者が集まり、総掛かりで真にチャレンジングな研究に挑む。それが創発物性科学研究センターです。

創発物性科学とは

多数の要素が集まったときに、個々の要素からは予測できなかった性質が現れることを、「創発性」といいます。例えば、膨大な数の電子が強く相互作用すると、1個の電子からは予測できないほど強力で巨大な電氣的・磁氣的な作用を生み出します。また、多数の分子を組み合わせることで、個々の分子にはなかった新しい機能を持つ物質を作ることができます。

このように電子や分子などが集合すると、個々の構成要素の単なる集合としては予測不可能な驚くべき物性や機能が現れます。創発現象の原理を明らかにし、新しい物性や機能を生み出そうという新しい学問領域を「創発物性科学」と呼びます。

例えば、金属や化合物を冷却していくとある温度以下で電気抵抗がゼロになる超伝導は、電子間の相互作用によって現れる創発現象の一つです。通常の超伝導は極低温で現れますが、それが、室温程度で起こる物質を設計・開発できれば、電力を損失なく送電することが可能になるでしょう。このように、創発物性科学は、私たちの生活に大革命をもたらし、環境調和型の持続可能な社会の実現に大きく貢献します。

■ 強相関物理部門

強相関物性研究グループ（十倉 好紀）	6
強相関理論研究グループ（永長 直人）	7
強相関界面研究グループ（川崎 雅司）	8
強相関量子構造研究グループ（有馬 孝尚）	9
強相関物質研究グループ（田口 康二郎）	10
量子物性理論研究グループ（古崎 昭）	11
創発光物性研究グループ（小川 直毅）	12
強相関量子伝導研究チーム（十倉 好紀）	13
創発物性計測研究チーム（花栗 哲郎）	14
計算量子物性研究チーム（柚木 清司）	15
計算物質科学研究チーム（有田 亮太郎）	16
電子状態スペクトロスコピー研究チーム（石坂 香子）	17
電子状態マイクロスコピー研究チーム（Xiuzhen Yu）	18
動的創発物性研究チーム（賀川 史敬）	19

■ 超分子機能化学部門

創発ソフトマター機能研究グループ（相田 卓三）	20
創発分子機能研究グループ（瀧宮 和男）	21
創発デバイス研究グループ（岩佐 義宏）	22
創発生体関連ソフトマター研究チーム（石田 康博）	23
創発ソフトシステム研究チーム（染谷 隆夫）	24
創発機能高分子研究チーム（但馬 敬介）	25
創発超分子材料研究チーム（夫 勇進）	26
ソフトマター物性研究チーム（荒岡 史人）	27
創発分子エレクトロニクス研究チーム（渡邊 峻一郎）	28
物質評価支援チーム（橋爪 大輔）	29

■ 量子情報エレクトロニクス部門

量子機能システム研究グループ（樽茶 清悟）	30
量子凝縮体研究チーム（上田 正仁）	31
スピン物性理論研究チーム（多々良 源）	32
量子電子デバイス研究チーム（山本 倫久）	33
創発スピントロニクス研究チーム（齊藤 英治）	34
トポロジカルエレクトロニクス研究チーム（川村 稔）	35
トポロジカル物性理論研究チーム（村上 修一）	36
量子物質創成研究チーム（塚崎 敦）	37
半導体技術支援チーム（松倉 文礼）	38

■ 統合物性科学研究プログラム

創発量子スピントロニクス研究ユニット（横内 智行）	39
創発機能磁性材料研究ユニット（軽部 皓介）	40
極限量子固体物性理研ECL研究ユニット（藤代 有絵子）	41
トポロジカル材料設計研究ユニット（平山 元昭）	42
強相関量子相理研ECL研究ユニット（田財 里奈）	43
分子性物質創製研究ユニット（秋山 みどり）	44
創発機能設計研究ユニット（奥村 駿）	45
低次元量子相研究ユニット（佐藤 拓朗）	46
創発界面機能研究ユニット（西早 辰一）	47

センター長室

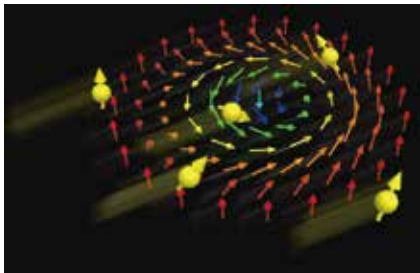
強相関物性研究グループ

Strong Correlation Physics Research Group



巨大な固体電磁機能を創発する トポロジカルなスピネクスチャー

磁性体中に広く見出される、スキルミオンと呼ばれるスピネクスチャー。スキルミオンとは、もともと、核物理学において、核子の状態を記述するために、スキルム博士によって提唱された概念で、量子論における「粒子」をトポロジーによって定義する考え方である。このようなトポロジカルな「粒子」が、身の回りにある磁性体の中に普遍的に存在する可能性を見出した。図中の矢印はスピン（電子の磁気モーメント）の向きを表す。粒子の周辺では、垂直方向を向くが、中に入るに従い、スピンは渦を巻き、中心部では逆を向く。このスピンのトポロジーは通常の磁気構造から連続的には変形できないので、トポロジーで保護された安定な粒子、スキルミオン、としてふるまう。スキルミオンは、電子系（矢印のスピンをもつ黄色球）に働く巨大な仮想磁場（創発磁場）を引き起こし、電流を横に曲げる（ホール効果）と同時に、自身も電流で駆動される。その臨界電流密度は 100 A/cm^2 と極端に小さく、通常の磁壁の電流駆動に比べて、10 万分の 1 以下の電流で済む。このスキルミオンを新しい情報担体とするエレクトロニクス・スキルミオニクスに向けた取り組みが進行中である。



スキルミオンと運動する電子

主要論文

1. M. T. Birch, Y. Fujishiro, I. Belopolski, M. Mogi, Y.-L. Chiew, Z. Li, X. Yu, N. Nagaosa, M. Kawamura, and Y. Tokura, "Nanosculpted 3D helices of a magnetic Weyl semimetal with switchable non-reciprocal electron transport" *Nat. Nanotechnology*, 21, 352–358 (2026).
2. D. Yamaguchi, A. Kitaori, N. Nagaosa and Y. Tokura, "Current Control of Spin Helicity and Nonreciprocal Charge Transport in a Multiferroic Conductor", *Adv. Mater.*, 37, 2420614 (2025).
3. K. Ueda, T. Yu, M. Hirayama, R. Kurokawa, T. Nakajima, H. Saito, M. Kriener, M. Hoshino, D. Hashizume, T.-h. Arima, R. Arita, and Y. Tokura, "Colossal negative magnetoresistance in field-induced Weyl semimetal of magnetic half-Heusler compound", *Nat. Commun.*, 14, 6339 (2023).
4. T. Yokouchi, F. Kagawa, M. Hirschberger, Y. Otani, N. Nagaosa, and Y. Tokura, "Emergent electromagnetic induction in a helical-spin magnet", *Nature*, 586, 232 (2020).
5. T. Kurumaji, T. Nakajima, M. Hirschberger, A. Kikkawa, Y. Yamasaki, H. Sagayama, H. Nakao, Y. Taguchi, T. Arima, Y. Tokura, "Skyrmion lattice with a giant topological Hall effect in a frustrated triangular-lattice magnet", *Science*, 365, 914 (2019).

十倉 好紀 工学博士・グループディレクター
tokura@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

キーワード

強相関電子系、トポロジカル絶縁体、スピン・軌道相互作用、ベリー位相物理、マルチフェロイクス、スキルミオン

略 歴

- 1981 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻博士課程修了
- 1986 東京大学理学部物理学科 助教授
- 1994 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 教授
- 1995 同 工学系研究科物理工学専攻 教授
- 2001 産業技術総合研究所 強相関電子技術研究センター センター長
- 2007 理化学研究所 交差相関物性科学研究グループグループディレクター
- 2008 産業技術総合研究所 フェロー（現職）
- 2010 理化学研究所 物質機能創成研究領域 領域長
- 2010 同 強相関量子科学研究グループグループディレクター
- 2013 同 創発物性科学研究センター センター長
- 2013 同 強相関物理部門 強相関物性研究グループグループディレクター（現職）
- 2014 同 強相関物理部門 強相関量子伝導研究チームチームリーダー（現職）2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更
- 2017 東京大学卓越教授（現職）
- 2019 東京大学特別荣誉教授
- 2024 理化学研究所 理事長特別補佐
- 2025 理化学研究所 領域総括（現職）

グループ紹介・概要



強相関電子系が示す、驚くべき創発物性を開拓し、その機能発現の学理を構築することを目指す。特に、自明でないスピン構造や軌道構造における、電子の輸送特性、誘電的特性、光学的特性に注目し、そのスピン・軌道状態との相関を明らかにする。また、相対論的なスピン軌道相互作用の強い系にも着目し、その電子物性に与える影響と新しい磁気電気機能を明らかにする。具体的に研究対象とする物質群は、高温超伝導、超巨大磁気抵抗系、マルチフェロイクス、トポロジカル絶縁体、スキルミオン系を含む。

主要メンバー

（上級研究員）中島 正道

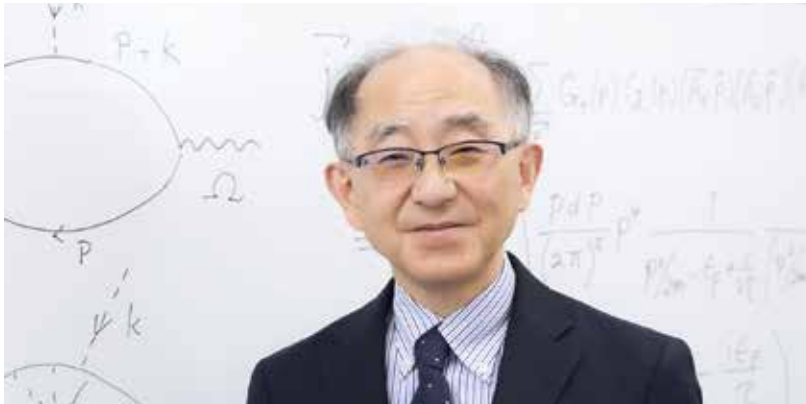
（研究員）BIRCH Max

（基礎特研）HAN Xue

（上級技師）寺倉 千恵子

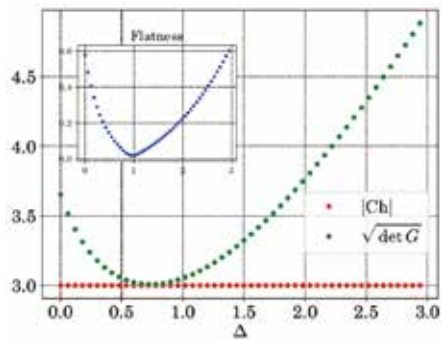
強相関理論研究グループ

Strong Correlation Theory Research Group



量子幾何学による物理量間の不等式： 線形応答、ドルーデウェイトと軌道磁化

量子幾何テンソル (QGT) は、計量・曲率不等式に代表されるように、物理量同士の非自明な不等式（バウンド）を与える。我々は、QGT のいくつかの一般化を通じて、さまざまな観測量に対する多様な不等式を調べた。まず、QGT を多体量子状態・有限温度・一般的なパラメータ空間へと拡張することで、あらゆる線形応答について不等式が成立することを示し、その応用として、自由エネルギーの凸性に由来する熱力学的不等式をさらに強められることを明らかにした。次に、我々はドルーデ重みと軌道磁化の間に成り立つ不等式を確立した。この不等式はランダウ準位系では等式になり、ほぼフラットバンドをもつ系では等式に近づく傾向がある。得られた不等式を二つの軌道強磁性体に適用し、ツイスト二層グラフェン系がランダウ準位系に近いことを見出した。さらに、高次の多重極である磁気四重極に対しても類似の不等式が成立することを示した。最後に、QGT と不確定性原理の類似性について議論し、非自明なバウンドの存在が量子効果を必然的に反映することを見出した。



バンドの平坦性（挿入図）と、チャーンと量子計量テンソル G の行列式との間に成り立つ不等式との関係。バンドが平坦になると、この不等式はほぼ飽和する。

DOI: <https://doi.org/10.1103/qxbl-qd4f>

主要論文

1. Koki Shinada and Naoto Nagaosa, "Quantum geometric bounds for observables: Linear responses, Drude weight, and orbital magnetization", *Phys. Rev. B* 112, 155158 (2025).
2. H.-L. Kim, T. Saito, H. Yang, H. Ishizuka, M. John Coak, J. H. Lee, H. Sim, Y. S. Oh, N. Nagaosa, J.-G. Park, "Thermal Hall effects due to topological spin fluctuations in YMnO_3 ", *Nat. Commun.*, 15, 243 (2024).
3. J. Ahn, G. Y. Guo, N. Nagaosa, A. Vishwanath, "Riemannian geometry of resonant optical responses", *Nat. Phys.* 18, 290 (2022).
4. N. Nagaosa, "Emergent inductor by spiral magnets", *JJAP* 58, 12909 (2019).
5. R. Wakatsuki, Y. Saito, S. Hoshino, Y. M. Itahashi, T. Ideue, M. Ezawa, Y. Iwasa, and N. Nagaosa, "Nonreciprocal charge transport in noncentrosymmetric superconductors", *Sci. Adv.*, 3, e1602390 (2017).

永長 直人 理学博士・グループディレクター
nagaosa@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

キーワード

創発電磁気学、電気磁気効果、シフトカレント、非相反効果、スピンホール効果、界面電子、超伝導

略 歴

- 1983 東京大学物性研究所 助手
- 1986 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻博士学位取得
- 1998 同 教授
- 2001 産業技術総合研究所 強相関電子技術研究センター 強相関理論チーム チーム長
- 2007 理化学研究所 交差相関理論研究チームチームリーダー
- 2010 同 強相関理論研究チーム チームリーダー
- 2013 同 創発物性科学研究センター 副センター長
- 2013 同 強相関物理部門 部門長
- 2013 同 強相関物理部門 強相関理論研究グループグループディレクター（現職）
- 2024 同 基礎量子科学研究プログラム プログラムディレクター（現職）

グループ紹介・概要



固体における電子状態を、そのトポロジカルな性質に着目して理論的に研究し、非散逸性カレントを含む新奇電子機能の開拓を行う。第一原理電子状態計算と、場の理論を用いた解析的手法、数値計算によるモデル解析を組み合わせることで、強相関電子の示す磁気特性、光学特性、伝導特性、熱特性、などをその内部自由度（スピンや軌道）に着目して予言・設計する。特にこれらの諸物性の間の非自明な相関—交差相関—に焦点を当て、相対論的なスピン軌道相互作用やスピネクスチャーがもたらすトポロジーを考慮することで、電子分裂、非散逸性などの新しい概念の構築を目指す。

主要メンバー

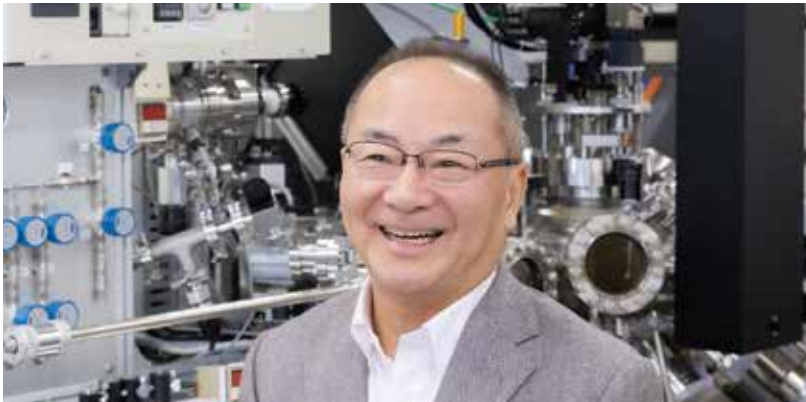
（上級研究員）小椎八重 航

（基礎特研）品田晃希, XIE Yingming

（特別研究員）BARTS Evgenii, SUN Ziting

強相関界面研究グループ

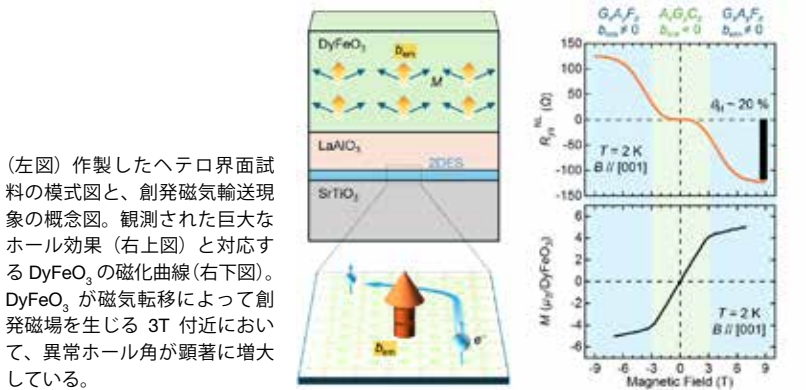
Strong Correlation Interface Research Group



創発磁場の近接効果による巨大な異常ホール効果

創発磁場は、電子が特定の磁気構造中を伝導する際に感じる仮想磁場である。通常の磁場同様に、創発磁場は様々な輸送現象を誘起するが、外部磁場を必要とせずに巨大応答が期待されることから、次世代エレクトロニクスの基盤原理として注目されている。とりわけ、当グループでは、従来の磁性体金属という枠組みを超えて、非磁性金属と磁性絶縁体から成る機能分離された酸化物ヘテロ界面における、近接効果を介した界面創発磁気輸送現象という新たな分野を開拓している。

本研究では、 $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ 界面に形成される高移動度二次元電子系に、傾角反強磁性を示す磁性絶縁体である DyFeO_3 からの創発磁場を近接効果として作用させることで、界面電子系のスピン分極状態を実現した。その結果、従来の酸化物ヘテロ界面では例のない約 20% という巨大なホール角を示す異常ホール効果を観測した。これは高移動度キャリアと創発磁場が協働して現れる特異なホール応答であり、新たなスピントロニクス機能の開拓に向けた重要な知見である。本成果は、近接効果による創発磁場を利用した酸化物スピントロニクスの実現可能性を示している。



主要論文

- L. Zhang, T. C. Fujita, and M. Kawasaki, "Giant unconventional Hall effect in $\text{DyFeO}_3/\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ two-dimensional electron system via proximity-induced emergent field", *npj Quantum Mater.* 11, 10 (2026).
- T. Yasunami, M. Nakamura, Y. Tokura, and M. Kawasaki "Enhanced mobility of p-type transparent semiconductor CuI thin films grown on thermal expansion matched substrates", *APL Mater.* 13, 081121 (2025).
- T. C. Fujita, S. Senzaki, M. Kawasaki "Anisotropic magnetoresistance in non-magnetic $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_{6.5}$ interfaced with spin ice insulator $\text{Ho}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$ ", *APL Mater.* 13, 101104 (2025).
- T. C. Fujita, D. Kataoka, N. Takahara, K. S. Takahashi, and M. Kawasaki "Proximitized magnetotransport at $\text{SrVO}_3/\text{ErCrO}_3$ heterointerface", *Appl. Phys. Lett.* 126, 221602 (2025).
- N. Takahara, K. S. Takahashi, Y. Tokura, M. Kawasaki "Positive magnetoconductance in SrVO_3 double quantum wells with a magnetic EuTiO_3 barrier", *Phys. Rev. B* 112, 165146 (2025).

川崎 雅司 工学博士・グループディレクター
m.kawasaki@riken.jp

研究分野

物理学／工学／化学／材料科学

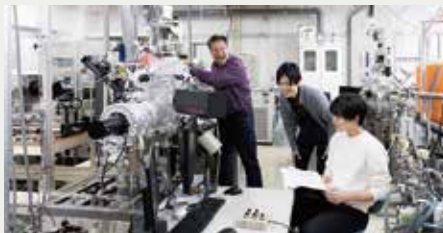
キーワード

トポロジカルエレクトロニクス、薄膜・界面、トポロジカル物質、非自明光電効果、非自明ホール効果

略 歴

- 1989 東京大学大学院工学系研究科化学エネルギー工学専攻 博士課程修了
- 1989 日本学術振興会特別研究員
- 1989 米国 IBM ワトソン研究所 博士研究員
- 1991 東京工業大学 助手
- 1997 東京工業大学 助教授
- 2001 東北大学金属材料研究所 教授
- 2007 理化学研究所 交差相関超構造研究チーム チームリーダー
- 2010 同 強相関界面デバイスチーム チームリーダー
- 2011 東京大学大学院工学系研究科量子相エレクトロニクス研究センター 教授（現職）
- 2013 理化学研究所 創発物性科学研究センター 副センター長
- 2013 同 強相関物理部門 強相関界面研究グループ グループディレクター（現職）
- 2023 理化学研究所 研究政策審議役
- 2025 理化学研究所 理事（現職）

グループ紹介・概要



当グループでは、運動量空間と実空間の双方において電子構造に幾何学的（トポロジカル）な特異性を持つトポロジカル物質の薄膜や界面を研究対象としている。これらの固体中では、従来の古典力学の理解の範疇を超えた非自明な効果が電子の運動に創発する。実空間の磁気渦や運動量空間の磁気単極子は巨大なホール効果に、光励起された分極結晶ではシュト電流による効率的な光電効果が生じる。これらの電子流は非散逸性が高いと期待でき、この電子流に情報やエネルギーを乗せて運ぶ新規デバイスを設計して実証し、トポロジカルエレクトロニクスという新たな分野を切り拓く。

主要メンバー

（上級研究員）MARYENKO Denis

（研究員）藤田 貴啓

（客員研究員）中村 優男, 高橋 圭, 松野 丈夫

強相関量子構造研究グループ

Strong Correlation Quantum Structure Research Group



マルチフェロイクY型六方晶フェライトの スピン起源強誘電性と電気マグノン

Y型六方晶フェライトは、スピネル型フェライトのブロック層と六方ペロブスカイト型フェライトのブロック層を交互に積層した構造を有し、各ブロックの磁気異方性やブロック間の実効的な磁気相互作用は組成に依存する。その結果、温度と磁場をパラメータとして、様々な磁気秩序が出現する。特に、横滑り型の円錐磁性と二重ファン磁性の二種類の磁気秩序が逆ジャロシンスキー守谷型の機構によって電気分極を併せ持つことが予想される。我々は、 $\text{BaSrCo}_2\text{Fe}_{11}\text{AlO}_{22}$ の磁化、電気分極、スピン偏極中性子散乱を測定し、ゼロ磁場条件で冷却した場合は交替型縦滑り円錐磁性が生じるものの、低温でc軸に垂直な方向に一度磁場を印加して再度ゼロ磁場にした場合は、二重ファン磁性が現れることを見出した。それに伴ってc軸とも磁場とも垂直な方向に電気分極が現れる。この電気分極は磁場を正負に掃引することによって繰り返し反転することができる。また、スピン偏極中性子非弾性散乱の測定により、二重ファン磁性相と交替型縦滑り円錐磁性相の双方で、テラヘルツ振動電場によるスピン波の励起（電気マグノン）が予測される。

Y 型六方晶フェライト $\text{BaSrCo}_2\text{Fe}_{11}\text{AlO}_{22}$ における
磁場誘起電気分極反転と磁気秩序の変化

主要論文

- S. Kitou, K. Ueda, Y. Nakamura, K. Sugimoto, Y. Nomura, R. Arita, Y. Tokura, T. Arima, "Visualization of spin-orbit-entangled 4f electrons in crystalline materials", *PNAS* 122, e2500251122 (2025).
- M. Gen, K. Noda, K. Shimbori, T. Tanaka, D. Bhoi, K. Seki, H. Kobayashi, K. Gautam, M. Akaki, Y. Ishii, Y. H. Matsuda, Y. Kubota, Y. Inubushi, M. Yabashi, Y. Kohama, T. Arima, A. Ikeda, "X-ray diffraction study of the magnetization plateau above 40 T in the frustrated helimagnet $\text{CuGaCr}_4\text{S}_8$ ", *Phys. Rev. B* 111, 214441 (2025).
- M. Gen, T. Nakajima, H. Saito, Y. Tokunaga, T. Arima, "Spin-Lattice-Coupled Helical Magnetic Order in Breathing Pyrochlore Magnets, $\text{CuAlCr}_4\text{S}_8$ and $\text{CuGaCr}_4\text{S}_8$ ", *J. Phys. Soc. Jpn.* 93, 104602 (2024).
- T. Kurumaji, M. Gen, S. Kitou, T. Arima, "Metamagnetism and anomalous magnetotransport properties in rare-earth-based polar semimetals RAuGe ($R = \text{Dy}, \text{Ho}, \text{and Gd}$)", *Phys. Rev. B* 110, 064409 (2024).
- S. Kitou, A. Nakano, M. Imaizumi, Y. Nakamura, I. Terasaki, T. Arima, "Molecular orbital formation and metastable short-range ordered structure in VO_2 ", *Phys. Rev. B* 109, L100101 (2024).

有馬 孝尚 博士（理学）・グループディレクター
takahisa.arima@riken.jp

研究分野

材料科学／物理学

キーワード

X線散乱、中性子散乱、電子線回折、構造物性、イメージング

略 歴

- 1988 東レ株式会社
- 1991 東京大学理学部 助手
- 1994 東京大学 博士（理学）取得
- 1995 東京大学工学系研究科 助手
- 1995 筑波大学物質工学系 助教授 (2001-2006 ERATO 十倉スピン超構造プロジェクト グループリーダー)
- 2004 東北大学多元物質科学研究所 教授
- 2011 東京大学新領域創成科学研究科 教授（現職）
- 2007 理化学研究所 放射光科学総合研究センター 量子秩序研究グループ スピン秩序研究チーム チームリーダー
- 2013 理化学研究所 創発物性科学研究センター 強相関物理部門 強相関量子構造研究チーム チームリーダー
- 2023 理化学研究所 創発物性科学研究センター 副センター長
- 2023 理化学研究所 創発物性科学研究センター 強相関量子構造研究グループ グループディレクター（現職）
- 2024 理化学研究所 創発物性科学研究センター センター長（現職）

グループ紹介・概要



当グループは、強相関電子系物質における様々な創発物性の起源を原子レベルで明らかにする構造物性研究を行う。強相関電子系物質を舞台としたエネルギーや情報の変換には、物質中の原子、電子密度、電子スピン密度の空間分布と時間・空間の4次元空間における揺らぎが密接に関連している。これらの情報を得るために、単結晶、粉末、デバイスなどのさまざまな形態の試料に対して、主に放射光X線・中性子・高エネルギー電子などの量子ビームを用いた各種の散乱・分光・イメージングの手法による研究を行う。さらに、必要に応じて、新たな測定手法の開発や、測定の高度化も行う。

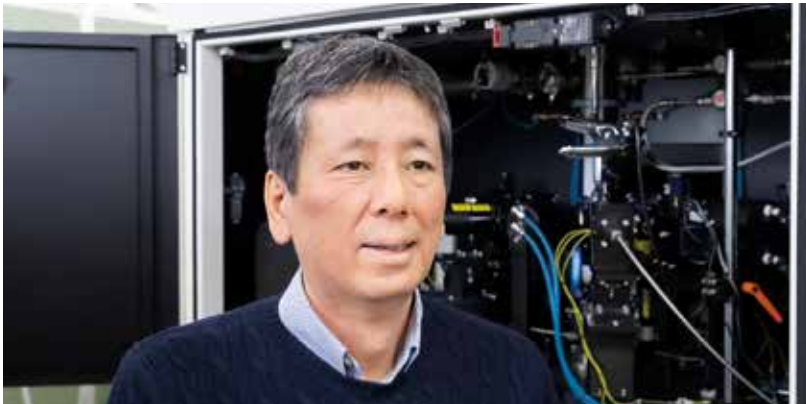
主要メンバー

（研究員）石田 行章

（特別研究員）YANG Heejun

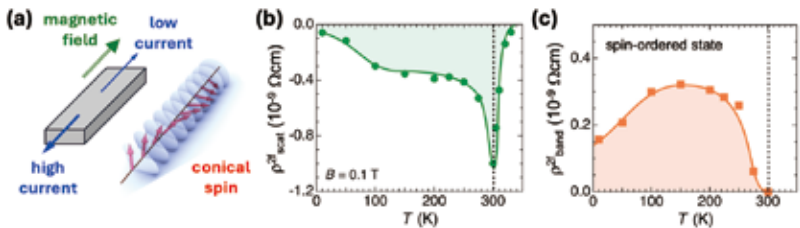
強相関物質研究グループ

Strong Correlation Materials Research Group



室温キラル磁性体における 非相反電荷輸送の観測とその発現機構の解明

固体物性の研究では、整流作用や増幅作用など高性能電子デバイスの基盤となりうる非線形応答が注目されている。当グループは、中でも電流の向きにより応答が異なる非相反電荷輸送に着目し、磁性体中のキラルな磁気構造との関係解明を通じて、磁気構造の制御による非相反電荷輸送増大の指針を示すことを目指している。キラル磁性体 $\text{Co}_8\text{Zn}_9\text{Mn}_3$ では図 (a) のようなコニカルスピン配列が発現する。その軸方向に磁場を印加して空間反転および時間反転対称性を破ることで、室温を含む広い温度領域で非相反電荷輸送を観測することに成功した。さらに、温度・磁場条件に応じて現れる二種類の成分を分離し、その発現機構を特定した。一つは、ジャロシンスキー・守谷相互作用により生じるベクトルスピンカイラリティーの揺らぎが非対称なスピン散乱をもたらす機構であり、図 (b) のように転移温度付近で最も顕著となる。もう一つは、コニカルスピン配列と伝導電子が交換相互作用を通じて結合し、非対称な電子バンド構造が形成されることに起因し、図 (c) のようにスピン秩序状態で主要な寄与を示すことを明らかにした。



(a) 非相反抵抗とコニカル磁気構造の模式図、(b) ベクトルスピンカイラリティーによるスピン散乱および (c) コニカル磁気構造によるバンドの非対称性に起因する非相反抵抗率の温度依存性

主要論文

1. D. Nakamura, M.-K. Lee, K. Karube, M. Mochizuki, N. Nagaosa, Y. Tokura, and Y. Taguchi, "Nonreciprocal transport in a room-temperature chiral magnet", *Science Advances*, 11, eadw8023 (2025).
2. D. Nakamura, K. Karube, Y. Liu, F. Kagawa, X.-Z. Yu, Y. Tokura and Y. Taguchi, "Observation of resonant spin excitation with in-plane spin-wave propagation in hybrid antiskyrmion strings", *Phys. Rev. B*, 110, 024418 (2024).
3. D. Nakamura, K. Karube, K. Matsuuara, F. Kagawa, X.Z. Yu, Y. Tokura, and Y. Taguchi, "Transport signatures of magnetic texture evolution in a microfabricated thin plate of antiskyrmion-hosting ($\text{Fe,Ni,Pd}_3\text{P}$)", *Phys. Rev. B*, 108, 104403 (2023).
4. K. Karube, L. C. Peng, J. Masell, X. Z. Yu, F. Kagawa, Y. Tokura, and Y. Taguchi, "Room-temperature antiskyrmions and sawtooth surface textures in a non-centrosymmetric magnet with S_4 symmetry", *Nature Materials* 20, 335 (2021).
5. M. Kriener, M. Sakano, M. Kamitani, M. S. Bahramy, R. Yukawa, K. Horiba, H. Kumigashira, K. Ishizaka, Y. Tokura, and Y. Taguchi, "Evolution of Electronic States and Emergence of Superconductivity in the Polar Semiconductor GeTe by Doping Valence-Skipping Indium", *Phys. Rev. Lett.*, 124, 047002 (2020).

田口 康二郎 博士(工学)・グループディレクター
y-taguchi@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

キーワード

強相関電子系、スキルミオン、マルチフェロイクス、熱電効果、超伝導

略 歴

- 1993 ソニー株式会社 総合研究所 研究員
- 1997 東京大学大学院工学系研究科 助手
- 2002 同 博士学位取得
- 2002 東北大学金属材料研究所 助教授
- 2007 理化学研究所 交差相関物質研究チーム チームリーダー
- 2010 同 強相関物質研究チーム チームリーダー
- 2013 同 創発物性科学研究センター 強相関物理部門 強相関物質研究チーム チームリーダー
- 2018 同 創発物性科学研究センター 強相関物理領域 強相関物質研究グループ グループディレクター (現職)
- 2018 同 創発物性科学研究センター センター長室長
- 2024 同 創発物性科学研究センター 副センター長 (現職)

グループ紹介・概要



当グループでは、遷移金属酸化物をはじめとする強相関電子系のバルク試料において、巨大な交差相関応答の発現やその機構の解明、および新しい物質機能の創製を目的としている。そのために、超高圧合成をはじめとする種々の合成法を用いて試料を合成し、新物質・新機能探索を行っている。具体的には、(1)新規スキルミオン物質の開発、(2)マルチフェロイクス物質における電気磁気交差応答の巨大化・高温化、(3)新規磁性体の開拓、(4)新規熱電材料の開発、(5)新規超伝導体の開発などである。これらの強相関材料における巨大応答を利用して、持続可能社会の構築に資する新機能性材料の創製を目指す。

主要メンバー

(上級研究員) KRIENER Markus, 中村 大輔

(上級技師) 吉川 明子

(特別研究員) LIU Zhehong

(テクスタ I) BOSSER Gurvan

量子物性理論研究グループ

Quantum Matter Theory Research Group



トポロジカル絶縁体と トポロジカル超伝導体を分類する

現代のITを支えるエレクトロニクスは、固体中の電子の量子力学的な運動を記述するバンド理論に基づいている。バンド理論によって金属・絶縁体・半導体の物性が説明され、トランジスタの発明につながった。ところが、これまでのバンド理論では見逃されてきた重要な物理が、21世紀に入って新たに見つかった。電子波動関数が運動量空間で非自明なトポロジをもつことによって生じる、トポロジカル絶縁体がそれである。さらに、準粒子励起にエネルギーギャップが存在する超伝導体にも、同様にトポロジカル超伝導体というものが存在する。トポロジカル絶縁体やトポロジカル超伝導体には様々な種類があることが知られている。

我々は、対称性にもとづいてトポロジカル絶縁体・超伝導体を分類する一般論を構築し、各空間次元で整数のトポロジカル数で分類されるトポロジカル絶縁体・超伝導体が3種類存在し、2値のトポロジカル数で分類されるトポロジカル絶縁体・超伝導体が2種類存在することを明らかにした。さらに、これらのトポロジカル絶縁体・超伝導体に対して、結晶格子の対称性や電子間相互作用の効果を研究している。



連続変形で互いに移り変わるマグカップとドーナッツはトポロジ的には同じ形である。絶縁体中の電子の波動関数はトポロジによって分類できる。

主要論文

1. M. Sato, S. Kobayashi, and A. Furusaki, "Three-dimensional spinless Euler insulators with rotational symmetry", *Phys. Rev. B* 112, 195108 (2025).
2. M. Naka, Y. Motome, and H. Seo, "Altermagnetic perovskites", *npj Spintronics* 3, 1 (2025).
3. T. Momoi, "Dynamics of quantum spin-nematics: Comparisons with canted antiferromagnets", *Phys. Rev. Research*, 6, 013169 (2024).
4. Y. Yao, M. Oshikawa, and A. Furusaki, "Gappability index for quantum many-body systems", *Phys. Rev. Lett.*, 129, 017204 (2022).
5. S. Kobayashi and A. Furusaki, "Fragile topological insulators protected by rotation symmetry without spin-orbit coupling", *Phys. Rev. B*, 104, 195114 (2021).

古崎 昭 博士(理学)・グループディレクター
furusaki@riken.jp

研究分野

物理学／材料科学

キーワード

電子相関、フラストレート磁性体、トポロジカル絶縁体、トポロジカル超伝導

略 歴

- 1991 東京大学工学部物理工学科 助手
- 1993 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 博士学位取得
- 1993 米国 マサチューセッツ工科大学 博士研究員
- 1995 東京大学大学院工学系研究科 助手
- 1996 京都大学基礎物理学研究所 助教授
- 2003 理化学研究所 古崎物性理論研究室 主任研究員
- 2013 同 創発物性科学研究センター 強相関物理部門 量子物性理論研究チーム チームリーダー
- 2024 同 創発物性科学研究センター 量子物性理論研究グループ グループディレクター (現職)
- 2024 同 創発物性科学研究センター 副センター長 (現職)

グループ紹介・概要



当グループは、強い電子相関や量子性の効果によって固体中の多電子系が低温で示す様々な量子相を探究し、その相に特徴的な輸送現象や磁性などの電子物性や相転移の臨界現象に関する理論的研究を行っている。具体的には、トポロジカル絶縁体やトポロジカル超伝導体などのトポロジカル物質や、フラストレート量子磁性体、遷移金属酸化物や分子性導体の強相関電子系を主な研究対象としている。個々の物質の電子状態の特徴をとらえた理論模型を構築し、その模型の量子統計力学を場の理論などの解析的手法やモンテカルロ法などの計算物理的手法を併用して解くことにより、物質中の電子系が創発する多彩な相を明らかにすることを目指している。

主要メンバー

(専任研究員) 桃井 勉, 小野田 繁樹, 妹尾 仁嗣

(基礎特研)

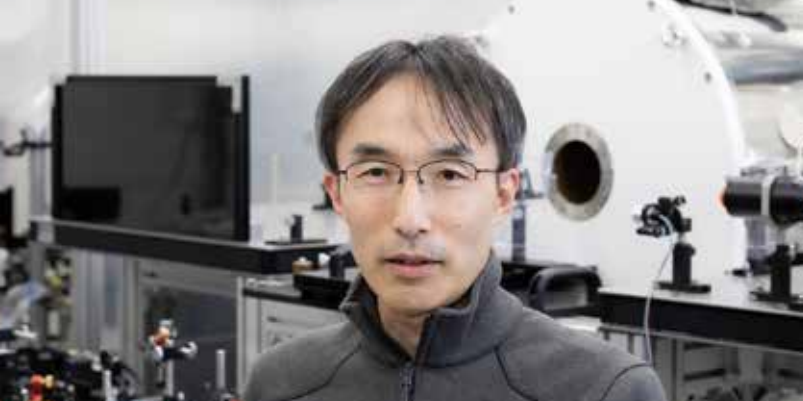
田中 悠太郎, HIRSCHMANN Moritz

(特別研究員) 大山 修平

(JRA) ZHANG Lingzhi, 福嶋 拓海

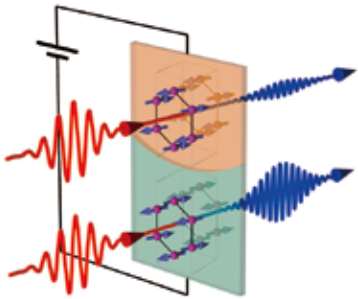
創発光物性研究グループ

Emergent Photodynamics Research Group



反強磁性体の非相反光学応答と電場変調ドメインイメージング

全光デバイス等の光回路においては、光の非相反（ダイオード）応答とその制御が重要となっている。これまでの外部磁場を用いた制御では、素子構造の大きさや遅い動作速度が問題となっていた。我々は物質の結晶・磁気対称性をもとに、光第二高調波発生（SHG）の非相反応答が電場によって変調可能であることを見出した。実験では、擬二次元反強磁性体 MnPS_3 単結晶の劈開デバイスを作製し、面内電場印加下において、励起波長、偏光、温度などをパラメータとして SHG 顕微分光を行った。適切な光学遷移を選択することにより反強磁性の時間反転ドメインが明瞭に観測されること、またその明暗コントラストと非相反応答が電場により大きく変調されることを確認した。放射偏光パターンの解析により、この電場変調が電気双極子、磁気双極子、電場誘起電気双極子の干渉効果に起因すること、加えて、 $\pm 1.6 \text{ V}/\mu\text{m}$ 程度の電場印加により、ドメインの明暗は $\pm 90\%$ 、非相反性は $\pm 70\%$ に及ぶ変化を示し、特に後者は室温においても発現可能であることが明らかとなった。本研究は光の高速電場制御に繋がるものである。



反強磁性体の時間反転ドメインと非相反光第二次高調波発生 (SHG) の模式図

主要論文

1. Z. Wang, M. Wang, J. Lehmann, Y. Shiomi, T. Arima, N. Nagaosa, Y. Tokura, N. Ogawa, "Electric-field-enhanced second-harmonic domain contrast and nonreciprocity in a van der Waals antiferromagnet", *Nature Commun.* 15, 7542 (2024).
2. Z. Wang, X.-X. Zhang, Y. Shiomi, T. Arima, N. Nagaosa, Y. Tokura, and N. Ogawa, "Exciton-magnon splitting in van der Waals antiferromagnet MnPS_3 unveiled by second-harmonic generation", *Phys. Rev. Res.* 5, L042032 (2023).
3. S. Toyoda, M. Fiebig, L. Forster, T. Arima, Y. Tokura, and N. Ogawa, "Writing of strain-controlled multiferroic ribbons into MnWO_4 ", *Nature Commun.* 12, 6199 (2021).
4. S. Toyoda, M. Fiebig, T. Arima, Y. Tokura, and N. Ogawa, "Nonreciprocal second harmonic generation in a magnetoelectric material", *Sci. Adv.* 7, eabe2793 (2021).
5. M. Sotome, M. Nakamura, J. Fujioka, M. Ogino, Y. Kaneko, T. Morimoto, Y. Zhang, M. Kawasaki, N. Nagaosa, Y. Tokura, and N. Ogawa, "Spectral dynamics of shift-current in ferroelectric semiconductor SbSI ", *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 116, 1929 (2019).

小川 直毅 博士(工学)・グループディレクター
naoki.ogawa@riken.jp

研究分野

物理学／材料科学／工学

キーワード

強相関電子系、量子物質、超高速 / 広帯域分光、光電流分光、光スピントロニクス

略 歴

- 2004 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 博士課程修了
- 2004 米国 カリフォルニア大学アーバイン校 博士研究員
- 2004 日本学術振興会 特別研究員 (PD)
- 2006 東京大学 先端科学技術研究センター 特任助手
- 2008 同 助教
- 2012 理化学研究所 強相関量子科学研究グループ 基幹研究所研究員
- 2013 同 創発物性科学研究センター 上級研究員
- 2015 同 創発物性科学研究センター 創発光物性研究ユニット ユニットリーダー
- 2017 科学技術振興機構 さきがけ研究者
- 2018 同 創発物性科学研究センター 創発光物性研究チーム チームリーダー
- 2020 東京大学大学院工学系研究科 教授 (委嘱)
- 2024 理化学研究所 創発物性科学研究センター センター長室長
- 2024 理化学研究所 創発物性科学研究センター 創発光物性研究グループ グループディレクター (現職)

グループ紹介・概要



強い電子相関やスピン軌道相互作用、トポロジなどを特徴とするバルク結晶および薄膜・界面において、創発光物性の探索と非平衡電子・格子・スピンの制御を行う。特に光の有する広範なスペクトル、フェムト秒の時間分解能、偏光の自由度等を駆使し、自発光電流の超高速分光、ディラック / ワイル電子やトポジカル磁気秩序の操作、非相反光学等、物質に根ざした新規物性の開拓、精密計測、また素励起の時空間伝搬の可視化を目指す。

主要メンバー

(研究員) 豊田 新悟
(特別研究員) WOLFF Joanna Lucie Paulette

強相関量子伝導研究チーム

Strong Correlation Quantum Transport Research Team



薄膜超構造を用いた二次元ディラック電子の表面量子伝導

トポロジカル絶縁体とは、物質内部は三次元的なバンドギャップを有する絶縁体であるが、表面にディラック状態と呼ばれる二次元的なギャップの開かない金属的バンドを有する物質である。ディラック電子は有効質量を持たず、電子スピンは結晶運動量の向きに垂直に偏極していることから、電荷・スピン自由度の両者に関する量子伝導の舞台となり、低消費電力デバイスなどへの応用が期待されている。特に、表面ディラック電子が磁性体と相互作用した結果生じる量子異常ホール効果は、非散逸な一次元伝導を外部から磁場をかけることなく実現するため、近年盛んに研究されている。当チームは分子線エビタキシ (MBE) 法を用いることで、トポロジカル絶縁体の一つである $(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_3$ を強磁性絶縁体 $(\text{Zn,Cr})\text{Te}$ によって上下から挟み込んだ薄膜超構造を作製した。希釈冷凍機を用いて極低温に冷却することで、量子異常ホール効果を明瞭に観測することに成功した。今後は、薄膜超構造を駆使することでトポロジカル物質に機能性を付与することを目的とし、特に、量子コンピューターへの応用が期待されているマヨラナ粒子の観測・制御を超伝導体との超構造界面で行う。



トポロジカル絶縁体表面における量子ホール効果のイメージ

主要論文

1. S. Nagahama, Y. Sato, M. Kawamura, I. Belopolski, R. Yoshimi, A. Tsukazaki, N. Kanazawa, K. S. Takahashi, M. Kawasaki, and Y. Tokura, "Two-Dimensional Superconducting Diode Effect in Topological Insulator/Superconductor Heterostructure", *Phys. Rev. Lett.*, 135, 246003 (2025).
2. R. Yoshimi, R. Kurihara, Y. Okamura, H. Handa, N. Ogawa, M. Kawamura, A. Tsukazaki, K. S. Takahashi, M. Kawasaki, Y. Takahashi, M. Tokunaga and Y. Tokura, "Emergence of Ferroelectric Topological Insulator as Verified by Quantum Hall Effect of Surface States in $(\text{Sn,Pb,In})\text{Te}$ Films", *Phys. Rev. Lett.*, 134, 176602 (2025).
3. I. Belopolski, R. Watanabe, Y. Sato, R. Yoshimi, M. Kawamura, S. Nagahama, Y. Zhao, S. Shao, Y. Jin, Y. Kato, Y. Okamura, X.-X. Zhang, Y. Fujishiro, Y. Takahashi, M. Hirschberger, A. Tsukazaki, K. S. Takahashi, C.-K. Chiu, G. Chang, M. Kawasaki, N. Nagaosa, and Y. Tokura, "Synthesis of a semimetallic Weyl ferromagnet with point Fermi surface", *Nature* 637, 1078 (2025).
4. M. T. Birch, I. Belopolski, M. Kawamura, A. Kikkawa, Y. Taguchi, M. Hirschberger, N. Nagaosa, and Y. Tokura, "Dynamic transition and Galilean relativity of current-driven skyrmions", *Nature* 633, 554 (2024).
5. M. Mogi, Y. Okamura, M. Kawamura, R. Yoshimi, K. Yasuda, A. Tsukazaki, K. S. Takahashi, T. Morimoto, N. Nagaosa, M. Kawasaki, Y. Takahashi, and Y. Tokura, "Experimental signature of the parity anomaly in a semi-magnetic topological insulator", *Nat. Phys.*, 18, 390 (2022).

十倉 好紀 工学博士・チームディレクター
tokura@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

キーワード

強相関電子系、高温超伝導体、スピン・軌道相互作用、トポロジカル絶縁体、界面電子構造

略 歴

- 1981 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 博士課程修了
- 1986 東京大学理学部物理学科 助教授
- 1994 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 教授
- 1995 同 工学系研究科物理工学専攻 教授
- 2001 産業技術総合研究所 強相関電子技術研究センター センター長
- 2007 理化学研究所 交差相関物性科学研究グループ グループディレクター
- 2008 産業技術総合研究所 フェロー (現職)
- 2010 理化学研究所 物質機能創成研究領域 領域長
- 2010 同 強相関量子科学研究グループ グループディレクター
- 2013 同 創発物性科学研究センター センター長
- 2013 同 強相関物理部門 強相関物性研究グループ グループディレクター (現職)
- 2014 同 強相関物理部門 強相関量子伝導研究チーム チームリーダー (現職) 2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更
- 2017 東京大学卓越教授 (現職)
- 2019 東京大学特別栄誉教授
- 2024 理化学研究所 理事長特別補佐
- 2025 理化学研究所 領域総括 (現職)

チーム紹介・概要



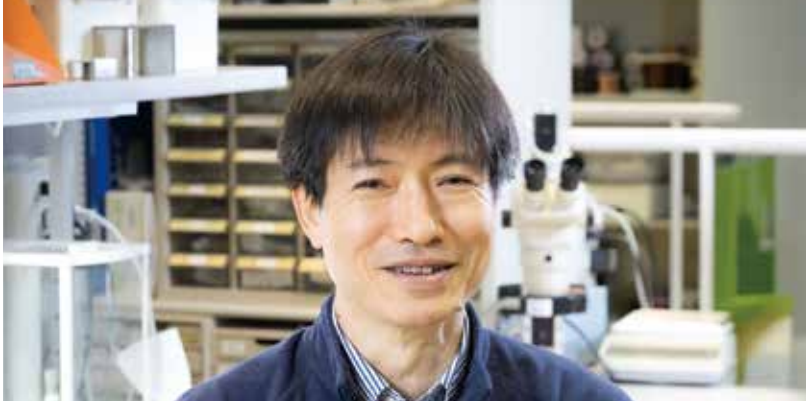
当チームでは、電子間相互作用の強い系およびスピン・軌道相互作用の強い系に着目し、バルクおよび薄膜ヘテロ界面等で生じる様々な量子輸送現象に関して研究を行っている。具体的には、トポロジカル絶縁体薄膜表面・界面におけるディラック電子系のランダウ準位形成や量子 (異常) ホール効果、バルクで反転対称性の破れたラシュバ系において生じる量子振動現象などを低温・強磁場中で観測して、その量子状態を明らかにすることを行っている。また、銅酸化物高温超伝導体や遷移金属酸化物薄膜などを作製し、高圧力下や高磁場下での輸送特性を測定して、超伝導転移温度の向上や新しい磁気輸送特性の創出を目指している。

主要メンバー

(特別研究員) TAI Lixuan, 池野辺 寿弥

創発物性計測研究チーム

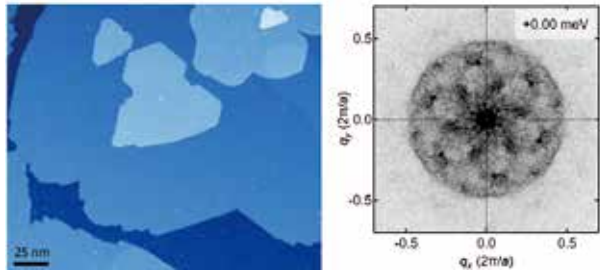
Emergent Phenomena Measurement Research Team



原子層超伝導体における 超伝導ギャップのひねりによる制御

近年、試料作製技術の進歩により、層状化合物の基本構成要素である二次元原子シートを単層として作製することが可能となった。これらの原子シートは、元の層状化合物とは異なる物性を示すだけでなく、異種原子層の積層や積層時のひねり角制御によって、新たな物性の創発や制御が期待されている。特に超伝導の人工制御は、基礎・応用の両面から注目されているが、原子シート超伝導体の転移温度は高々 1 K 程度と低く、実験的研究は困難であった。

本研究では、独自に開発した 0.1 K 以下まで冷却可能な超低温走査型トンネル顕微鏡を用いた分光イメージングにより、グラフェン上に作製した単層 NbSe₂ 原子シートの超伝導ギャップを直接観測した。さらに、準粒子干渉の解析から、グラフェンと単層 NbSe₂ のひねり角に依存して両者のフェルミ面の重なりが変化し、超伝導ギャップに影響を与えることを明らかにした。本成果は、波数空間における超伝導制御という新しい手法を提示するものであり、磁性体など多様な性質を持つ原子層を積層要素に加えることで、非自明かつ多彩な超伝導特性の実現につながると期待される。



グラフェン上に作製した原子層 NbSe₂ の走査型トンネル顕微鏡像（左）と、波数空間内での超伝導ギャップ構造の特徴を示す、準粒子干渉パターンのフーリエ変換像（右）

主要論文

- C. J. Butler, M. Naritsuka, and T. Hanaguri, "Topical review: the nature of the ground state and possibility of a quantum spin liquid in 17 metal dichalcogenides", *J. Phys.: Condens. Matter* 37 403002 (2025).
- H. Nishimichi, T. Machida, S. Ichinokura, S. Kaku, K. Ishihara, K. Tanaka, T. Hanaguri, and T. Hirahara, "Momentum-resolved spectroscopic evidence of a metal-insulator transition in Si(111) $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ -Sn", *Phys. Rev. B* 111, 235134 (2025).
- M. Naritsuka, T. Machida, S. Asano, Y. Yanase, and T. Hanaguri, "Superconductivity controlled by twist angle in monolayer NbSe₂ on graphene", *Nature Phys.* 21, 746 (2025).
- C. J. Butler, M. Murase, S. Sawada, M-C Jiang, D. Hashizume, G-Y Guo, R. Arita, T. Hanaguri, and T. Sasagawa, "Valley Polarization of Landau Levels in the ZrSiS Surface Band Driven by Residual Strain", *Phys. Rev. X* 15, 011033 (2025).
- T. Machida, and T. Hanaguri, "Searching for Majorana quasiparticles at vortex cores in iron-based superconductors", *Prog. Theor. Exp. Phys.* 2024, 08C103, (2024).

花栗 哲郎 博士（工学）・チームディレクター
hanaguri@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

キーワード

走査型トンネル顕微鏡、超伝導、
トポロジカル絶縁体

略 歴

- 1993 東北大学工学研究科応用物理学専攻 博士学位取得
- 1993 東京大学 教養学部 助手
- 1999 東京大学 新領域創成科学研究科 助教授
- 2004 理化学研究所 磁性研究室 専任研究員
- 2013 同 創発物性科学研究センター 強相関物理部門 創発物性計測研究チーム チームリーダー（現職）2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更

チーム紹介・概要



当チームでは、高温超伝導やトポロジカル量子現象といった固体内の電子多体系が示す創発現象の背景にある電子状態の実験的解明を行っている。主に用いる実験装置は、極低温、強磁場、超高真空の多重極限環境で動作する走査型トンネル顕微鏡である。現代の走査型トンネル顕微鏡技術を用いると、原子レベルの空間分解能とマイクロ電子ボルトに及ぶ高いエネルギー分解能で、電子状態に関する膨大な情報を含んだ「電子状態の地図」を作ることが可能となる。我々は、様々な物質の電子状態の地図を解析し、物質機能と電子状態の関係を明らかにしている。また、走査型トンネル顕微鏡技術の高度化、高機能化に関する研究を行う他、未知の創発現象の発見を目指した全く新しい物性計測手法の開発を目指す。

主要メンバー

（上級研究員）

町田 理, BUTLER Christopher John

（研究員）成塚 政裕

（基礎特研）二本木 克旭

計算量子物性研究チーム

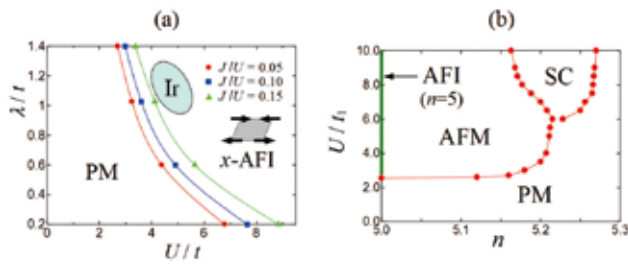
Computational Quantum Matter Research Team



スピン軌道相互作用がもたらす新奇な 絶縁体のメカニズムと超伝導の可能性

固体中の電子はクーロン相互作用、電子 - 格子相互作用、スピン軌道相互作用といった様々な影響の下で運動し、各物質固有の性質を生み出している。中でも近年、スピン軌道作用がもたらす興味深い物性に対する理解が進展し、注目を集めている。その一例である 5d 電子系遷移金属酸化物 Sr₂IrO₄ では、強いスピン軌道相互作用によってスピンと軌道の自由度が複雑に絡み合い、特異な量子状態が形成されていると考えられている。また、銅酸化物高温超伝導体の母物質と複数の類似点を持つことから、新たな超伝導物質の候補としても期待が持たれている。

当チームでは、複数の数値計算手法を用いて Sr₂IrO₄ をモデル化した 3 軌道ハバード模型の詳細な電子状態を解析した。その結果、強いスピン軌道相互作用の下で有効的な全角運動量 J_{eff}=1/2 が良い量子数となり、スピンと軌道が結合して出来た“擬スピン”が秩序化した反強磁性絶縁体（図 (a) の x-AFI）が実現することを明らかにした。また、この絶縁体に電子をドーピングすることで d_{x2-y2} 波“擬スピンー重項”超伝導（図 (b) の SC）が誘起され得ることを理論的に提案した。



スピン軌道相互作用を取り入れた 3 軌道ハバード模型の基底状態相図 (a) 電子密度 n=5、(b) n>5

主要論文

- K. Shinjo, S. Sota, S. yunoki, and T. Tohyama, "Controlling inversion and time-reversal symmetries by subcycle pules in the one-dimensional extended Hubbard model", *Phys. Rev. B* 107, 195103 (2023).
- H. Watanabe, T. Shirakawa, K. Seki, H. Sakakibara, T. Kotani, H. Ikeda, and S. Yunoki, "Monte Carlo study of cuprate superconductors in a four-band d-p model: role of orbital degrees of freedom", *J. Phys.: Condens. Matter* 35, 195601 (2023).
- F. Lange, S. Ejima, J. Fujimoto, T. Shirakawa, H. Fehske, S. Yunoki, and S. Maekawa, "Generation of current vortex by spin current in Rashba systems", *Phys. Rev. Lett.* 126, 157202 (2021).
- H. Watanabe, T. Shirakawa, K. Seki, H. Sakakibara, T. Kotani, H. Ikeda, and S. Yunoki, "Unified description of cuprate superconductors suing a four-band d-p model", *Phys. Rev. Research* 3, 033157 (2021).
- T. Kaneko, T. Shirakawa, S. Sorella, and S. Yunoki, "Photoinduced eta pairing in the Hubbard model", *Phys. Rev. Lett.* 122, 077002 (2019).

柚木 清司 博士（工学）・チームディレクター
yunoki@riken.jp

研究分野

物理学／材料科学

キーワード

強相関電子系、磁性、超伝導、計算物性物理学

略 歴

- 1996 名古屋大学大学院工学研究科応用物理学専攻 博士課程修了
- 1996 米国 国立強磁場研究所 博士研究員
- 1999 オランダ グローニンゲン大学物質科学研究センター 博士研究員
- 2001 イタリア 高等研究所 (SISSA) 博士研究員
- 2006 米国 オークリッジ国立研究所／テネシー大 長期研究員／リサーチ准教授
- 2008 理化学研究所 柚木計算物性物理研究室 准主任研究員
- 2010 同 計算科学研究機構 研究部門 量子系物質科学研究チーム チームリーダー
- 2013 同 創発物性科学研究センター 強相関物理部門 計算量子物性研究チーム チームリーダー（現職）2025/4/1よりチームディレクターに職名変更
- 2017 同 柚木計算物性物理研究室 主任研究員（現職）
- 2018 同 計算科学研究センター 研究部門 量子系物質科学研究チーム チームリーダー（現職）2025/4/1よりチームディレクターに職名変更
- 2021 同 量子コンピュータ研究センター 量子計算科学研究チーム チームリーダー（現職）2025/4/1よりチームディレクターに職名変更

チーム紹介・概要



固体中の電子は各物質の格子構造を反映したエネルギーバンド中を運動しているが、クーロン相互作用、電子 - 格子相互作用、スピン軌道相互作用といった様々な相互作用は電子の運動に非自明な効果を与え、興味深い量子現象を引き起こしている。当チームでは、これらの相互作用が協力的、あるいは競合的に働くことによって創発される様々な量子現象を、最新の計算物理学的手法を駆使して理論的に解明することを目指す。主に遷移金属酸化物、トポロジカル物質、およびそれらから作られたヘテロ構造体などを対象に、新奇な量子現象の発現機構の解明や、新物質創成の提案などを目指して研究を行っている。

主要メンバー

（研究員）新城 一矢

（特別研究員）Yixuan Huang

計算物質科学研究チーム

First-Principles Materials Science Research Team



有田 亮太郎 博士（理学）・チームディレクター
arita@riken.jp

研究分野

物理学／材料科学

キーワード

第一原理計算、理論物質設計、強相関電子系

略 歴

- 2000 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 博士課程修了
- 2000 東京大学大学院理学系研究科 助手
- 2004 マックスプランク固体研究所 博士研究員
- 2006 理化学研究所 古崎物性理論研究室 研究員、専任研究員
- 2008 東京大学大学院工学系研究科物理学専攻 准教授
- 2011 科学技術振興機構さきがけ
- 2014 理化学研究所創発物性科学研究センター 強相関物理部門 計算物質科学研究チーム チームリーダー（現職）2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更
- 2018 東京大学大学院工学系研究科物理学専攻 教授
- 2022 東京大学先端科学技術研究センター 教授
- 2024 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 教授（現職）

チーム紹介・概要



当チームでは、非経験的計算手法によって、物性理論における新概念と密接に関連する物質や機能物質としてユニークな可能性をもつ物質の電子物性を調べている。特に銅酸化物、鉄系超伝導体、有機・炭素系超伝導体、5d 遷移金属化合物、重い電子系、巨大ラシユバ系、トポロジカル絶縁体、ゼオライトなどといった強相関電子系やトポロジカル物質に興味を持っている。より長期的には、多体効果に由来する新奇物性の予言や物質設計の新しい指導原理の確立を目指している。密度汎関数理論の拡張や密度汎関数理論とモデル計算法の融合など第一原理電子状態計算の方法論開発にも興味をもって取り組んでいる。

主要メンバー

（研究員）MOREE Jean B.P.G., 中野 晃佑
（基礎特研）JIANG Ming-Chun
（特別研究員）RAGHAV Abhishek

電子状態スペクトロスコーピー研究チーム

Electronic State Spectroscopy Research Team



石坂 香子 博士（工学）・チームディレクター
kyoko.ishizaka@riken.jp

研究分野

物理学／材料科学

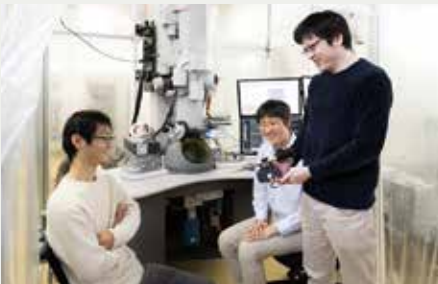
キーワード

超高速時間分解電子顕微鏡、光電子分光、強相関電子系、超伝導、トポロジカル物質

略 歴

- 2004 東京大学大学院工学系研究科理工工学専攻 博士課程修了
- 2004 東京大学物性研究所 助手
- 2010 東京大学大学院工学系研究科理工工学専攻 准教授
- 2014 東京大学大学院工学系研究科附属量子工エレクトロニクス研究センター 准教授
- 2016 理化学研究所 創発物性科学研究センター 電子状態スペクトロスコーピー研究チーム チームリーダー（現職）2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更
- 2018 東京大学大学院工学系研究科附属量子工エレクトロニクス研究センター 教授（現職）

チーム紹介・概要



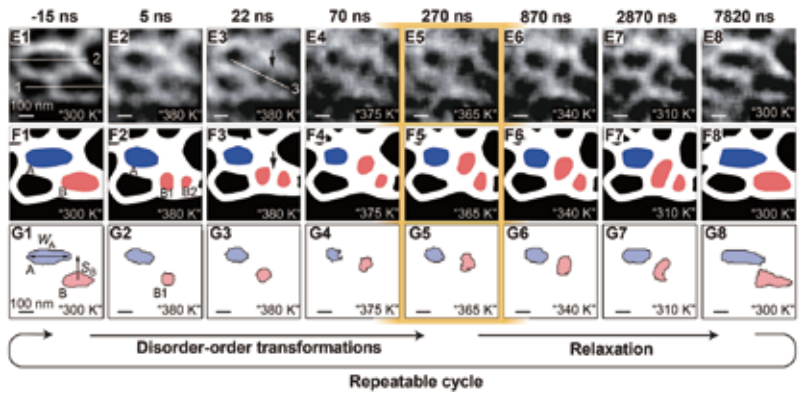
当チームでは、多様な量子物性や機能を示す物質における電子状態の解明を目指した実験を行っている。電子のエネルギー、運動量、スピンを分解して測定することができる数少ない手法であるスピン角度分解光電子分光を駆使することにより、超伝導体や熱電材料をはじめとする新物質の理解や強相関電子系における多体効果、トポロジカルな量子状態の解明などを推進する。また、パルスレーザーを用いた超高速時間分解電子顕微鏡による非平衡状態の時空間構造計測など、磁気・格子・電荷テキスチャーを持つ強相関物質やナノ物質、デバイスなどを対象とした新しい計測手法の開発にも取り組んでいる。

主要メンバー

（研究員）中村 飛鳥
（テクスタ I）辻 英徳
（JRA）HAN Dongxue

磁気スキルミオンのナノ秒実時間イメージング

磁気スキルミオンは磁性体に現れるナノスケールの渦状のスピン構造である。磁気スキルミオンはトポロジカルに守られた粒子のようにふるまうことで知られているが、その生成や運動、消滅の過程の実験的観測は困難であった。当チームでは、超高速時間分解ローレンツ透過電子顕微鏡を用いたポンプブロープ実験により、室温キラル磁性体におけるスキルミオンのダイナミクスをナノ秒・ナノメートルの分解能で計測することに成功した。下図は、ナノ秒光パルスによる熱励起後、スキルミオンが1ナノ秒未満で分裂、5ナノ秒で収縮変形、10ナノ秒から4マイクロ秒の広い時間領域でドリフトし、5マイクロ秒程度で再結合する様子をとらえたものである。これらの実時間計測により、スキルミオンに働くマルチスケールな相互作用や、寿命や摩擦効果と乱れの関係など、スキルミオン制御にとって重要な情報を得ることが可能となる。



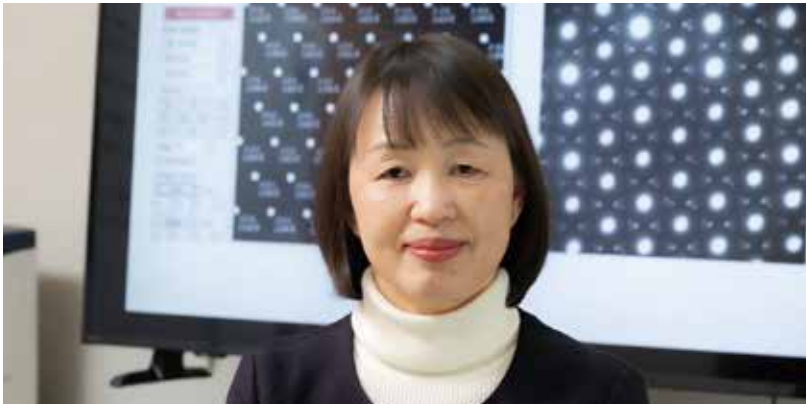
超高速時間分解ローレンツ電子顕微鏡により得られた
磁気スキルミオンのナノ秒～マイクロ秒ダイナミクス
Copyright: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abg1322>

主要論文

- A. Nakamura, T. Shimojima, K. Ishizaka, "Characterizing an Optically Induced Sub-micrometer Gigahertz Acoustic Wave in a Silicon Thin Plate", *Nano Lett.* 23, 2490–2495 (2023).
- T. Shimojima, A. Nakamura, X. Z. Yu, K. Karube, Y. Taguchi, Y. Tokura, K. Ishizaka, "Nano-to-micro spatiotemporal imaging of magnetic skyrmion's life cycle", *Sci. Adv.* 7, eabg1322/1–8 (2021).
- A. Nakamura, T. Shimojima, Y. Chiashi, M. Kamitani, H. Sakai, S. Ishiwata, H. Li, and K. Ishizaka, "Nanoscale Imaging of Unusual Photoacoustic Waves in Thin Flake VTe_2 ", *Nano Lett.* 20, 7, 4932 (2020).
- N. Mitsuishi, T. Shimojima, K. Ishizaka et al., "Switching of band inversion and topological surface states by charge density wave", *Nature Commun.* 11, 2466 (2020).
- T. Shimojima, Y. Suzuki, A. Nakamura, N. Mitsuishi, S. Kasahara, T. Shibauchi, Y. Matsuda, Y. Ishida, S. Shin and K. Ishizaka, "Ultrafast nematic-orbital excitation in FeSe ", *Nature Commun.* 10, 1946 (2019).

電子状態マイクロスコーピー研究チーム

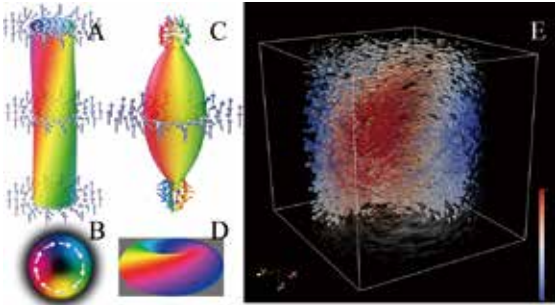
Electronic States Microscopy Research Team



三次元トポロジカルスピネクスチャのベクトル場マッピング

三次元トポロジカルスピン構造——ねじれたスキルミオン紐、トロン、ホプフィオンを含む——は、二次元系とは本質的に異なる創発的電磁場および非相反ダイナミクスを示す。そのカイラリティ依存の輸送特性や非相反的な電磁応答により、将来のスピントロニクスおよびニューロモルフィックデバイスへの応用が期待されている。一方で、これらの構造が最も安定に存在する極低温条件下では、既存の磁気イメージング手法の空間分解能およびベクトル場分解能に限界があるため、直接的な実験観測はこれまで困難であった。

我々は、低温下においてナノメートルスケールの空間分解能で三次元スピン構造を実空間観察可能とする、極低温スカラー・ベクトル場電子トモグラフィ法を開発した。本手法を用いることで、ねじれたスキルミオン紐、極低温で安定化した磁気ホプフィオン、ならびに比較的厚いらせん磁性体中に埋め込まれたトロン格子を可視化し、実在材料におけるこれらトポロジカルスピン構造の三次元再構成を世界で初めて達成した。



A: ねじれたスキルミオン紐の模式図およびその面内投影図 (B)。矢印と色はスピンの向きを示す。C-D: それぞれ (C) トロンおよび (D) ホプフィオンの模式図。E: トロンに対する三次元ベクトル場マップの実験的観測結果。カラーバーは、上向き (赤) および下向き (青) のベクトル場を示す。

主要論文

- Xiuzhen Yu, Nobuto Nakanishi, Yi-Ling Chiew, Yizhou Liu, Kiyomi Nakajima, Naoya Kanazawa, Kosuke Karube, Yasujiro Taguchi, Naoto Nagaosa, Yoshinori Tokura, "3D skyrmion strings and their melting dynamics revealed via scalar-field electron tomography", *Commun Mater* 5, 80 (2024).
- Y. Guang, X. C. Zhang, Y. Z. Liu, L. C. Peng, F. S. Yasin, K. Karube, D. Nakamura, N. Nagaosa, Y. Taguchi, M. Mochizuki, Y. Tokura, and X. Z. Yu, "Confined antiskyrmion motion driven by electric current excitations" *Nature Communications* 15, 7701. (2024).
- Xiuzhen Yu, Naoya Kanazawa, Xichao Zhang, Yoshio Takahashi, Konstantin V. Iakoubovskii, Kiyomi Nakajima, Toshiaki Tanigaki, Masahito Mochizuki, Yoshinori Tokura, "Spontaneous vortex-antivortex pairs and their topological transitions in a chiral-lattice magnet", *Advanced Materials* 2306441 (2023).
- X. Z. Yu, F. Kagawa, S. Seki, M. Kubota, J. Masell, F. S. Yasin, K. Nakajima, M. Nakamura, M. Kawasaki, N. Nagaosa and Y. Tokura, "Real-space observations of 60-nm skyrmion dynamics in an insulating magnet under low heat flow", *Nature Communications* 12, 5079 (2021).
- N. D. Khanh, T. Nakajima, X. Z. Yu, S. Gao, K. Shibata, M. Hirschberger, Y. Yamasaki, H. Sagayama, H. Nakao, L. Peng, K. Nakajima, R. Takagi, T. Arima, Y. Tokura, S. Seki, "Nanometric square skyrmion lattice in a centrosymmetric tetragonal magnet", *Nature Nanotechnology* 15, 444 (2020).

于 秀珍 博士(理学)・チームディレクター
yu_x@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

キーワード

電子状態、ローレンツ顕微鏡法、分析電子顕微鏡法、高分解能電子顕微鏡法、位相差顕微鏡法、三次元磁気構造イメージング

略 歴

- 1990 中国吉林大学大学院電子科学系半導体物理専攻 博士前期課程修了
- 2002 科学技術振興機構 ERATO 十倉スピン超構造プロジェクト 技術員
- 2006 物質材料研究機構 ナノ計測センター 先端電子顕微鏡グループ エンジニア
- 2008 東北大学理学研究科物理学専攻 博士学位取得
- 2008 物質材料研究機構 ナノ計測センター 先端電子顕微鏡グループ 研究員
- 2010 科学技術振興機構 ERATO 十倉マルチフェロイックスプロジェクト 研究員
- 2011 理化学研究所 基幹研究所 強相関量子科学研究グループ 特別研究員
- 2013 同 創発物性科学研究センター 強相関物理部門 強相関物性研究グループ 上級研究員
- 2017 同 電子状態マイクロスコーピー研究チーム チームリーダー (現職) 2025/4/1よりチームディレクターに職名変更
- 2024 東京科学大学 理学院 特任教授 (現職)

チーム紹介・概要



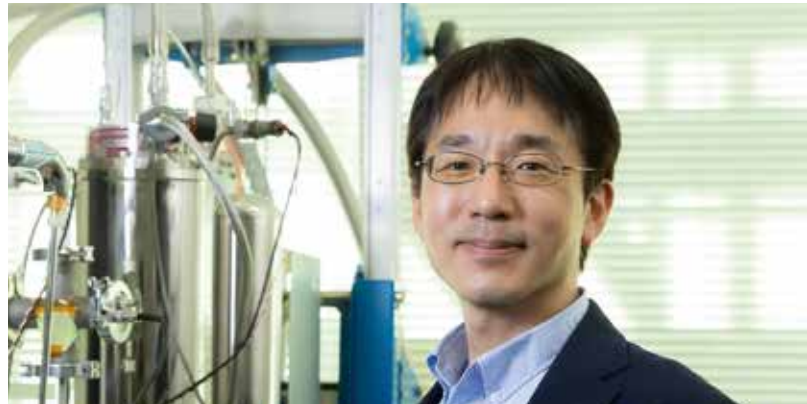
当チームは、原子レベル空間分解能を有する電子顕微鏡を駆使して、強相関電子秩序やスキルミオンなどのトポロジカルスピネクスチャの微視的磁気状態とそのダイナミクスの実空間観察を行う。高速電子線イメージングや微視的磁場・電場の定量計測をはじめとする各種電子線分光法を用いて、高温超伝導材料、遷移金属カルコゲナイト材料、極性強磁性材料やヘテロ界面薄膜などの電子状態、元素分布、界面構造、相転移などに関する知見を得る。このようなナノスケール電子状態に関するマイクロスコーピー研究を通じて、多様な材料における創発現象の解明を目指す。

主要メンバー

(特別研究員) LI Zhuolin, LYU Xiaowei
(テクスタII) 中島 清美
(テクスタI) 髙田 恵子

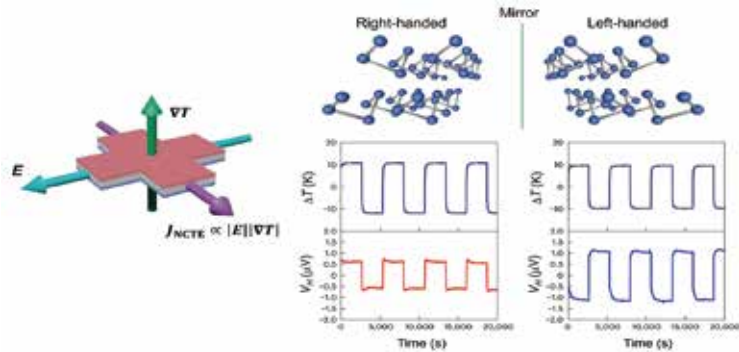
動的創発物性研究チーム

Dynamic Emergent Phenomena Research Team



電場と温度勾配が駆動する新しいホール効果の発見

近年、キラル物質では電場や温度勾配に対して単純比例しない非線形熱電効果が理論的に予測され、量子幾何に由来する新奇な輸送現象として注目されているが、実験的な実証例はほとんど存在しなかった。本研究では、その中でも電場と温度勾配の共存により横方向の電圧が生じる、新しいタイプの非線形熱電効果「非線形キラル熱電ホール効果」の実在を実験的に検証することを目的とした。当チームはらせん構造を持つ半導体テルル単結晶を用い、磁場なしの条件下でも電場と温度勾配のそれぞれの大きさに比例したホール電圧が発生することを示した。この電圧は結晶のキラリティに依存して符号が反転し、通常のホール効果とは本質的に異なる特徴を示すことが明らかになった。観測結果は第一原理計算による理論予測と良く一致し、キラル物質における非線形熱電効果の実在を初めて実証した。本成果は、新しい熱電現象の基礎理解を深化させるとともに、熱流制御や廃熱発電などへの応用展開が期待される。



電場と温度勾配が駆動する非線形熱電ホール効果の概念図 (左)、右手系、左手系それぞれのテルル結晶が、温度勾配に応じて示すホール電圧 (右)。右手系と左手系とでは温度勾配とホール電圧の符号の関係が逆になっている。

主要論文

- T. Nomoto, A. Kikkawa, K. Nakazawa, T. Yamaguchi, and F. Kagawa, "Observation of the nonlinear chiral thermoelectric Hall effect in tellurium", *Nat. Phys.* 21, 1920 (2025).
- M. Wang, J. Zhang, D. Tian, P. Yu and F. Kagawa, "Unveiling an in-plane Hall effect in rutile RuO₂ films", *Commun. Phys.* 8, 28 (2025).
- S. Furuta, W. Koshibae, K. Matsuura, N. Abe, F. Wang, S. Zhou, T. Arima, and F. Kagawa, "Reconsidering nonlinear emergent inductance: Time-varying Joule heating and its impact on AC electrical response", *Phys. Rev. B* 110, 174402 (2024).
- M. Wang, K. Tanaka, S. Sakai, Z. Wang, K. Deng, Y. Lyu, C. Li, D. Tian, S. Sheng, N. Ogawa, N. Kanazawa, P. Yu, R. Arita, and F. Kagawa, "Emergent zero-field anomalous Hall effect in a reconstructed rutile antiferromagnetic metal", *Nat. Commun.* 14, 8240 (2023).
- K. Matsuura, Y. Nishizawa, Y. Kinoshita, T. Kurumaji, A. Miyaka, H. Oike, M. Tokunaga, Y. Tokura, and F. Kagawa, "Low-temperature hysteresis broadening emerging from domain-wall creep dynamics in a two-phase competing system", *Commun. Mat.* 4, 71 (2023).

賀川 史敬 博士 (工学)・チームディレクター
fumitaka.kagawa@riken.jp

研究分野

材料科学／物理学

キーワード

強相関電子系、相制御、走査型プローブ顕微鏡、スペクトロスコーピー

略 歴

- 2006 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 博士課程修了 博士
- 2006 日本学術振興会特別研究員 (PD)
- 2007 科学技術振興機構 ERATO 十倉マルチフェロイックスプロジェクト 研究員
- 2010 東京大学大学院工学系研究科附属量子相エレクトロニクス研究センター 特任講師
- 2012 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 講師
- 2013 理化学研究所 創発物性科学研究センター 統合物性科学研究プログラム 動的創発物性研究ユニット ユニットリーダー
- 2017 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 准教授
- 2022 東京工業大学理学院物理学系 教授
- 2022 理化学研究所 創発物性科学研究センター 動的創発物性研究チーム チームリーダー (現職) 2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更
- 2024 東京科学大学理学院物理学系 (大学統合による名称変更) 教授 (現職)

チーム紹介・概要



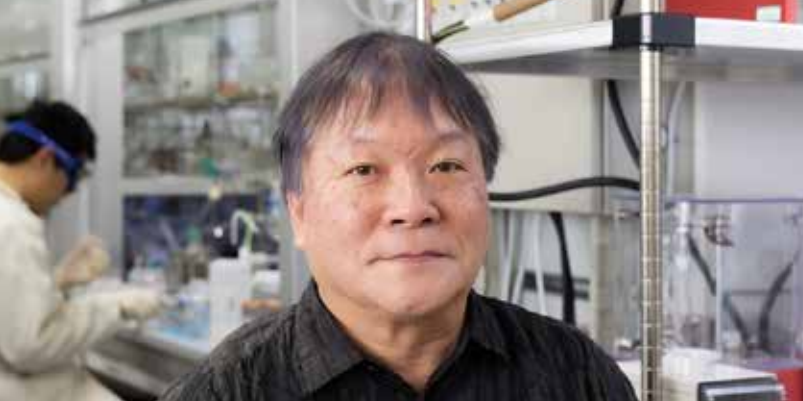
当チームでは、バルク試料及びデバイス化された強相関電子系が示す創発物性の動的側面や非線形応答を解明し、その学理構築を推進する。特に、トポロジカルな磁気秩序やドメイン壁などのサブミクロンスケールの構造体が外場下において示す動的現象について、ミリヘルツからギガヘルツ領域にわたる誘電応答や電気抵抗揺らぎなどのスペクトロスコーピーを適用すると共に、走査型プローブ顕微鏡を用いた実空間観測及び局所物性計測も相補的に行なう。これらの知見を基に、物質中のトポロジカルな構造体が見出す新奇物性の開拓・制御を目指す。

主要メンバー

(特別研究員) 野本 哲也, BANU Samiran
(客員研究員) 松浦 慧介

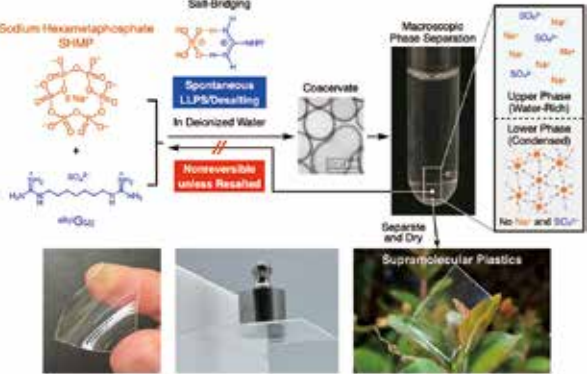
創発ソフトマター機能研究グループ

Emergent Soft Matter Function Research Group



力学的に堅牢なのに容易に分解・代謝する 超分子プラスチック

従来のプラスチックは、重合反応により多数のモノマーが安定な共有結合で連結された高分子材料であり、現代社会に不可欠である。一方で、劣化や分解によって生じるマイクロプラスチックは環境中でほとんど分解されず、特に海洋に長期間蓄積することで生態系や人の健康に悪影響を及ぼすことが深刻な問題となっている。当グループは、この課題に対し、非共有結合でモノマーが連結された新材料「超分子プラスチック」を開発した。生化学的な物質代謝を受ける二種類のイオン性モノマーを水中で混合するだけで、強固な塩橋相互作用に基づく三次元架橋構造が形成され、液-液相分離(LLPS)を経て水に不溶な固体超分子ポリマーが得られる。得られた超分子プラスチックは透明なガラス状材料で、高いヤング率、耐久性、ガラス転移温度を有し、従来プラスチックと同様に熱加工が可能である。一方で、海水中では容易にモノマーへ分解し、回収・再成形を繰り返しても物性劣化のない完全リサイクルが実現できる。本研究は、水を溶媒とする簡便かつ環境調和型の手法により、持続可能な次世代プラスチック材料への新たな道を切り拓くものである。



液-液相分離を利用した超分子プラスチックの合成

主要論文

1. Z. Chen, Y. Hong, H. Inuzuka, K. Mizukami, and T. Aida, "Supramolecular Ionic Polymerization: Cellulose-Based Supramolecular Plastics with Broadly Tunable Mechanical Properties", *J. Am. Chem. Soc.*, 147, 44507–44514 (2025).
2. Y. Itoh, T. Fu, P. Chanpagne, Y. Yokoyama, K. Numabe, Y. Hong, Y. Nishiyama, H-F. Wang, A. Kumagai, H. Jinnai, H. Watanabe, T. Seki, A. Nagao, T. Suzuki, Y. Saito, K. Wakabayashi, T. Yoshii, A. Izumi, K. Hagita, J. Furukawa, and T. Aida, "Electric double-layer synthesis of a spongelike, lightweight reticular membrane", *Science*, 389, 73–77 (2025).
3. H. Gong, Y. Sakaguchi, T. Suzuki, M. Yanagisawa, and T. Aida, "Near-identical macromolecules spontaneously partition into concentric circles", *Nature*, 636, 92–99 (2024).
4. Y. Chen, E. Hirano, M. Kuwayama, E. W. Meijer, H. Huang, and T. Aida, "Mechanically strong yet metabolizable supramolecular plastics by desalting upon phase separation", *Science*, 386, 875–881 (2024).
5. K. Kikkawa, Y. Sumiya, K. Okazawa, K. Yoshizawa, Y. Ito, and T. Aida, "Thiourea as a "polar hydrophobic" hydrogen-bonding motif: application to highly durable all-underwater adhesion", *J. Am. Chem. Soc.*, 146, 21168–21175 (2024).

相田 卓三 工学博士・グループディレクター
takuzo.aida@riken.jp

研究分野

化学／材料科学

キーワード

ソフトマテリアル、分子設計、自己組織化、エネルギー変換、生体模倣、刺激応答材料、電子機能材料、光電変換材料、環境低負荷材料

略 歴

- 1984 東京大学大学院工学系研究科合成化学専攻 博士課程修了
- 1984 同 助手/講師
- 1991 同 助教授
- 1996 同 教授
- 2000 科学技術振興事業団 ERATO相田ナノ空間プロジェクト 総括責任者
- 2007 理化学研究所 物質情報変換化学研究グループ グループディレクター
- 2010 同 機能性ソフトマテリアル研究グループ グループディレクター
- 2011 同 光電変換研究チーム チームリーダー
- 2013 同 創発物性科学研究センター 副センター長
- 2013 同 超分子機能化学部門 創発ソフトマター機能研究グループ グループディレクター (現職)
- 2022 東京大学 卓越教授 (現職)

グループ紹介・概要



地球規模のエネルギー問題・環境問題に世界的な注目が集まる中、化学者に課せられた責務は重大である。当グループでは、分子レベル・ナノレベルでの構造や物性を精密に制御した材料の開発を通じ、これらの問題解決に繋がる材料科学の学理樹立を目指す。具体的には、(1)ユビキタス元素からなる新規有機触媒による高効率な水の光分解法の開発、(2)溶液キャストで得られる高密度メモリー(有機強誘電体)の開発、ならびに(3)超分子ポリマーの精密重合法の開発を目指し、日々研究に取り組んでいく。

主要メンバー

- (特別研究員) 水上 輝市
(テクスタ I) 犬塚 寛之, OUYANG Xingmei
(研究パートタイマー I) 小布施 聖
(訪問研究員) LI Wenlang, DAS Satyajit
(客員研究員) HONG Yang
(JRA) FENG Ying
(研修生) JI Yulong, HE Kaiyuan, SUN Xingjian, LIANG Hanyu, CHEN Zhenghong, CHEN Chenhao, 小松 賢太

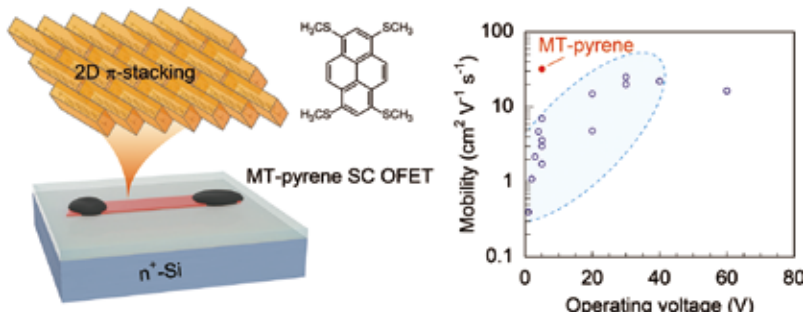
創発分子機能研究グループ

Emergent Molecular Function Research Group



有機半導体の結晶構造制御による高移動度化

有機半導体の特性は分子レベルでの電子構造だけでなく、分子集合体中での配列や配向に大きく影響を受ける。しかし、分子設計の段階で結晶構造を予測し制御することは非常に困難であり、有機半導体の結晶構造制御のための方法論や手法の開発は重要な課題である。我々は、メチルチオ基などの単純な置換基を有機半導体骨格の適切な位置に導入し分子間相互作用を制御することで、高移動化に適した結晶構造に導くことが可能であることを見出している。例えば、sandwich herringbone 型に結晶化するピレンに4個のメチルチオ基を位置選択的に導入すると、brickwork (レンガ堀) 型構造へと劇的に結晶構造が変化し、二次元的な伝導経路を形成できることを見出した。単結晶トランジスタにより電荷移動度を評価したところ、30 cm² V⁻¹ s⁻¹ を超える移動度を示し、有機半導体としては最高レベルの電荷輸送能を持つことが明らかとなった。



有機半導体の結晶構造制御による高移動度化

主要論文

1. K. Takimiya, S. Usui, R. Hanaki, K. Bulgarevich, K. Kawabata, K. Nakano, K. Tajima, "Significant decrease in the ionization energy of dinaphtho[2,3b:2',3'-f]thieno[3,2-b]thiophene (DNTT) solid induced by a pinacolborane group", *Mater. Horiz.*, 13, 3117–3126 (2026).
2. H. Sanematsu, R. Matsidik, B. Dhara, K. Takimiya, "Construction of a two-dimensional molecular slab with a π -extended hexaarylbenzene molecule", *Angew. Chem. Int. Ed.*, 65, e24473 (2026)
3. P. Pal, K. Bulgarevich, R. Hanaki, K. Kawabata, K. Takimiya, "Extension of the π -conjugated core of methylchalcogenolated polycyclic aromatic hydrocarbon: synthesis and characterization of 1,4,7,10-tetrakis(methylthio)- and tetramethoxy-coronene", *Chem. Sci.*, 16, 15368–15377 (2025).
4. K. Bulgarevich, K. Takimiya, "What makes brickwork crystal structures favorable? a case study on methylthiolated arenes and heteroarenes for high-mobility molecular semiconductors", *CrystEngComm*, 27, 4776–4786 (2025).
5. H. Sanematsu, K. Bulgarevich, B. Dhara, K. Takimiya, "Synthesis of parent peropyrene and its derivatization", *Org. Lett.*, 27, 5948–5952 (2025).

瀧宮 和男 博士 (工学)・グループディレクター
takimiya@riken.jp

研究分野

化学／工学／材料科学

キーワード

有機半導体、 π 電子系化合物、合成化学、有機電界効果トランジスタ、有機薄膜太陽電池、有機熱電材料

略 歴

- 1994 広島大学大学院工学研究科工業化学専攻 博士課程後期修了
- 1994 広島大学工学部第三類(化学系) 助手
- 1997 デンマーク オーデンセ大学化学科 博士研究員
- 2003 広島大学大学院工学研究科物質化学システム専攻 助教授
- 2007 同 教授
- 2010 広島大学大学院工学研究院物質化学工学部門(応用化学) 教授
- 2012 理化学研究所 創発分子機能研究チーム チームリーダー
- 2013 同 創発物性科学研究センター 超分子機能化学部門 創発分子機能研究グループ グループディレクター
- 2017 東北大学大学院理学研究科化学専攻 教授(現職)
- 2018 理化学研究所 創発物性科学研究センター 超分子機能化学部門 創発分子機能研究チーム チームリーダー
- 2024 同 創発物性科学研究センター 超分子機能化学部門 創発分子機能研究グループ グループディレクター (現職)
- 2024 同 創発物性科学研究センター 副センター長 (現職)

グループ紹介・概要



我々は合成化学を駆使することで、新しい機能性有機電子材料(有機半導体)の開発と応用を目指している。有機半導体の特徴は、「分子構造・電子状態を自在に設計・合成できる」ことであり、電子デバイス(トランジスタ、太陽電池、熱電変換素子など)に応用可能な機能性材料を集積化することで、スイッチング、光電変換特性の高機能化が可能である。最近では、独自に開発した分子骨格の応用により、高性能低分子有機半導体の開発と高移動度有機トランジスタの実現、新規非フラーレンアセプタ分子の開発と高性能太陽電池への展開、また、有機半導体分子の結晶構造制御法の開発によるキャリア移動度の改善などの成果を挙げている。

主要メンバー

- (研究員) BULGAREVICH Kirill
(特別研究員) WANG Kai
(客員主管研究員) 森 健彦
(客員研究員) PAL Prasanata, 川畑 公輔

創発デバイス研究グループ

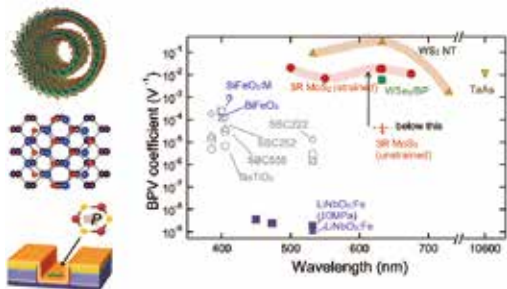
Emergent Device Research Group



2次元物質の対称性制御によるバルク光起電力の発生

近年、対称性を反映した非線形伝導現象が盛んに研究されるようになった。本グループは半導体、超伝体を対象に非相反輸送現象、超伝導ダイオード効果などの研究を行っているが、ここでは半導体のバルク光起電力効果について紹介する。これはPN接合がなくても生ずる光起電力という意味で、反転対称性の破れた物質に見られる光電変換現象である。

WS₂やMoS₂などの遷移金属カルコゲナイド(TMD)は単層で三回対称性を有する2次元物質であるが、このままではバルク光起電力を示さないことが知られている。しかしながら、形状変化やヘテロ接合の形成対称性を制御し極性を持たせることができる。この点がバルク物質と異なるナノ物質の大きな特徴である。具体的にはWS₂ナノチューブ、WS₂/黒リンのファンワールスヘテロ接合、あるいはMoS₂へのひずみ印加によって、可視～赤外領域に強いバルク光起電力が生ずることを見出した（文献 Nature (2019), Science (2021), 4）。この光起電力にはシフト電流機構が重要な役わりを果たしていることも明らかになっている。このように大きな光起電力効果を示す対称性制御したナノ物質は、高効率光発電、光センサーの新しい材料として期待される。



左:対称性を制御したTMD。上からナノチューブ、ファンデルワールスヘテロ構造、ひずみデバイス。
右:ナノTMDのバルク光起電力係数の波長依存性。古典的なバルク光起電力材料と比較している。
Copyright: (左) Adapted from "Nature Nanotechnology 18, 36 (2023)."

主要論文

1. Y. M. Itahashi, Y. Nohara, M. Chazono, H. Matsuoka, K. Arioka, T. Nomoto, Y. Kohama, Y. Yanase, Y. Iwasa, and K. Kobayashi, "Misfit layered superconductor (PbSe)_{1-x}(NbSe₂)_x with possible layer-selective FFLO state", *Nature Communications* 16, 7022 (2025).
2. F. Liu, Y. M. Itahashi, S. Aoki, Y. Dong, Z. Wang, N. Ogawa, T. Ideue, Y. Iwasa, "Superconducting diode effect under time-reversal symmetry", *Science Advances* 10, eado1502 (2024).
3. H. Matsuoka, S. Kajihara, Y. Wang, Y. Iwasa, M. Nakano, "Band-driven switching of magnetism in a van der Waals magnetic semimetal", *Science Advances* 10, eadk1415 (2024).
4. Y. Dong, M. -M. Yang, M. Yoshii, S. Matsuoka, S. Kitamura, T. Hasegawa, N. Ogawa, T. Morimoto, T. Ideue, Y. Iwasa, "Giant bulk piezophotovoltaic effect in 3R-MoS₂", *Nature Nanotechnology* 18, 36-41 (2023).
5. Y. Nakagawa, Y. Kasahara, T. Nomoto, R. Arita, T. Nojima, Y. Iwasa, "Gate-controlled BCS-BEC crossover in a two-dimensional superconductor", *Science*, 372, 190 (2021).

岩佐 義宏 工学博士・グループディレクター
iwasay@riken.jp

研究分野

物理学/工学/化学/材料科学

キーワード

2次元物質、ナノチューブ、トポロジカル物質、
超伝導、熱電効果、非相反輸送現象、異常光
起電力

略 歷

1986	東京大学工学部 博士課程修了
1986	同 助手
1991	同 講師
1994	北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科 助教授
2001	東北大学金属材料研究所 教授
2010	東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 教授
2010	理化学研究所 強相関複合材料研究チーム チームリーダー
2013	同 創発物性科学研究センター 超分子機能化 学部部門 創発デバイス研究チーム チームリー ダー
2024	同 創発物性科学研究センター 創発デバイス研 究グループ グループディレクター（現職）
2024	同 創発物性科学研究センター 副センター長 （現職）

グループ紹介・概要



2次元物質を中心とする量子物質とそのナノデバイスを用いて、量子物性機能の開拓、革新的エネルギー材料の創製に貢献することが本グループの目的である。特に、2次元物質、ナノチューブ、量子ドットなどの低次元物質やトポロジカル物質の物性開拓を推進する。2次元物質については、ファンデルワールスヘテロ接合や電気二重層トランジスタによって、電子状態の制御、量子輸送現象などの研究を行い、量子ドット薄膜では、表面改質や溶液プロセスにより薄膜構造とその電子機能の開拓を行う。これらによって、2次元超伝導、量子相制御、非相干輸送現象の開拓、および熱電変換、光電変換、蓄電機能の増強を目指す。

主要メンバー

(基礎特研) 板橋 勇輝, ZHELIUK Oleksandr
(特別研究員) LI Dong, DONG Yu
(客員研究員) 中野 匡規, 松岡 秀樹
(訪問研究員) PERREN Lara
(IPA) ROMAGOSA Alec Paul

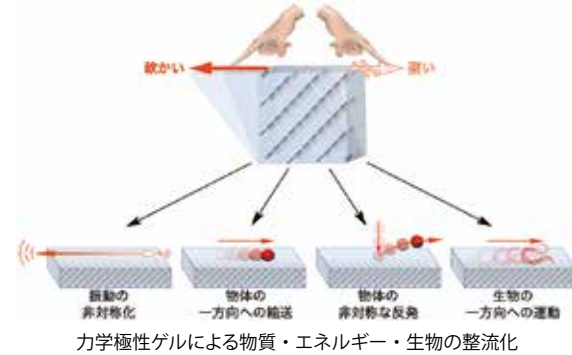
創発生体関連ソフトマター研究チーム

Emergent Bioinspired Soft Matter Research Team



エントロピーの増大に逆らう力学極性ゲル： 物質・エネルギー・生物を整流化する革新材料

外部からの刺激に対し非対称に応答する、すなわち極性応答する物質やシステムが近年、様々な方面からの注目を集めている。電気・磁気・光の刺激に対して極性応答する材料は、長年にわたり研究されてきた一方、「力」に対して極性応答する材料は、その存在すら想定されてこなかった。その初の例として我々は、斜めに配向させた酸化グラフェンのナノシートを三次元ポリマー網目の中に埋め込んだ複合ゲルを開発した。このゲルに横方向の剪断を加えた際、左向き剪断ではナノシートが座屈し、ゲルは容易に変形する一方、右向き剪断ではナノシートは座屈せず、ゲルは強固に抵抗する。この左右の剪断における硬さには 67 倍もの差があり、ゲルはあたかも「一方向にしか通り抜けられない扉」のように振る舞う。その結果このゲルは、対称または乱雑な振動から非対称な振動を生み出す・接触する物体を一方向に輸送する・衝突する物体を非対称に反発する・線虫の集団を一方向に走行させるなど、エントロピー増大に逆らう機能をさまざまな場面で発揮する。



主要論文

1. S. Wang, L. Kang, P. Salamon, X. Wang, N. Uchida, F. Araoka, T. Aida, Z. Dogic, and Y. Ishida, "Stimuli-responsive self-regulating assembly of chiral colloids for robust size and shape control", *Nat. Commun.*, 15, 9891 (2024).
2. X. Wang, Z. Li, S. Wang, K. Sano, Z. Sun, Z. Shao, A. Takeishi, S. Matsubara, D. Okumura, N. Sakai, T. Sasaki, T. Aida, and Y. Ishida, "Mechanical non-reciprocity in a uniform composite material", *Science*, 380, 192 (2023).
3. K. Salikolimi, V. K. Praveen, A. A. Sudhakar, K. Yamada, N. N. Horimoto, and Y. Ishida, "Helical supramolecular polymers with rationally designed binding sites for chiral guest recognition", *Nat. Commun.*, 11, 2311 (2020).
4. Y. S. Kim, M. Liu, Y. Ishida, Y. Ebina, M. Osada, T. Sasaki, T. Hikima, M. Takata, and T. Aida, "Thermoresponsive actuation enabled by permittivity switching in an electrostatically anisotropic hydrogel", *Nat. Mater.*, 14, 1002 (2015).
5. M. Liu, Y. Ishida, Y. Ebina, T. Sasaki, T. Hikima, M. Takata, and T. Aida, "An anisotropic hydrogel with electrostatic repulsion between cofacially aligned nanosheets", *Nature*, 517, 68 (2015).

石田 康博 博士（工学）・チームディレクター
y-ishida@riken.jp

研究分野

化学/材料科学

キーワード

生体模倣、ソフトマテリアル、異方性、自律性、
極性、階層性

略 歷

2001	東京大学大学院工学系研究科化学系生命工学専攻 博士課程修了
2001	同 新領域創成科学研究科先端生命科学専攻 助手
2002	同 工学系研究科化学系生命工学専攻 助手
2007	同 講師
2007	科学技術振興機構 さきがけ研究員
2009	理化学研究所 複合ソフトマテリアル研究チーム チームリーダー
2010	同 生体模倣材料研究チーム チームリーダー
2013	同 創発物性科学研究センター 超分子機能化学部門 創発生体関連ソフトマター研究チーム チームリーダー (現職) 2025/4/1よりチームディレクターに職名変更

チーム紹介・概要



近年、軽量かつ柔軟で生体に優しい「ソフトマテリアル」が注目を集め、生体組織との類似性ゆえに、人工臓器の最右翼とも目されている。しかしながら、今日の人工ソフトマテリアルは、果たして本当に生体組織に似ているのだろうか？ 改めて見比べると、殆どの人工ソフトマテリアルは等方的である一方、多くの生体組織は巨視的に異方的であることに気づく。筋肉・骨・神経に代表されるように、異方構造はしばしば、優れた機能の根源となる。当チームでは、磁場などの外場を利用し、高度な配向が巨大なサイズで連続した異方的ソフトマテリアルを合成するとともに、その特異な機能・物性を探索し、より生体に近いといった人工材料の開拓を目指した研究を行っている。

主要メンバー

(専門技術員) 山田 邦代
(基礎特研) ZHANG Yunlei
(特別研究員) SHEN Zhiming
(テクスタ I) 金井 逸人
(訪問研究員) MU Qifeng

創発ソフトシステム研究チーム

Emergent Soft System Research Team



染谷 隆夫 博士（工学）・チームディレクター
takao.someya@riken.jp

研究分野

電子工学／材料科学

キーワード

有機エレクトロニクス、有機電界効果トランジスタ、有機発光デバイス、有機薄膜太陽電池、有機センサ

略 歴

- 1997 東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻 博士課程修了
- 1997 東京大学生産技術研究所 助手
- 1998 同 講師
- 2000 東京大学先端科学技術研究センター 講師
- 2001 日本学術振興会海外特別研究員（米国コロンビア大学）
- 2002 東京大学先端科学技術研究センター 助教授
- 2003 東京大学大学院工学系研究科 助教授
- 2008 同 准教授
- 2009 同 教授（現職）
- 2015 理化学研究所 染谷薄膜素子研究室 主任研究員（現職）
- 2015 同 創発物性科学研究センター 創発ソフトシステム研究チーム チームリーダー（現職）
2025/4/1よりチームディレクターに職名変更
- 2020 東京大学大学院工学系研究科長・工学部長（-2023）
- 2023 東京大学執行役・副学長（現職）

チーム紹介・概要



エレクトロニクスは、Internet of Things（IoT）、人工知能（AI）、ロボットなど高度に発展する情報通信技術（ICT）の基盤を支えることが期待されている。特に、単に演算速度や記憶容量を向上するだけでなく、地球環境やそこで暮らす人類との調和を同時に実現することが求められている。我々は、有機半導体材料など新規なソフト電子材料を創発薄膜素子に応用し、超高効率かつ人間との親和性の高い創発ソフトシステムの実現を目指している。軽量性・柔軟かさ・大面積性に優れた新システムによって、従来の無機半導体と相補的な特徴を生かした応用分野を切り拓く。

主要メンバー

（研究員）LEE Sunghoon

（基礎特研）WANG Shuxu, CHAE Sangmin

（上級テクスタ）BAYOMI Rasha

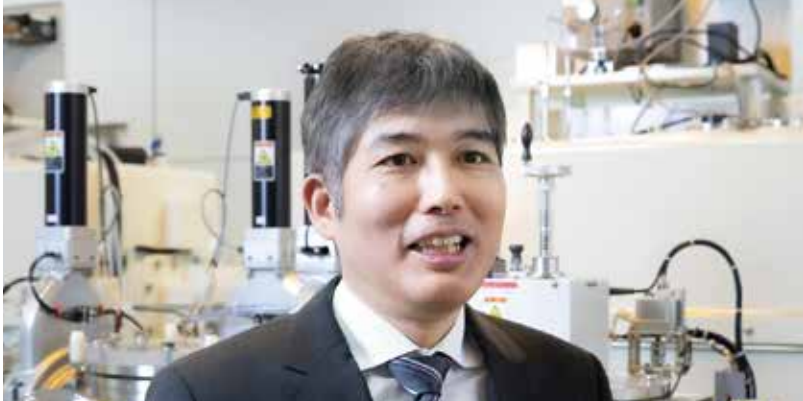
（JRA）片山 俊平

（理研スチューデント・リサーチャー D）岩 花 鈴

（研修生）安藤 圭吾, 茂原 知輝

創発機能高分子研究チーム

Emergent Functional Polymers Research Team



但馬 敬介 博士（工学）・チームディレクター
keisuke.tajima@riken.jp

研究分野

化学／工学／材料科学

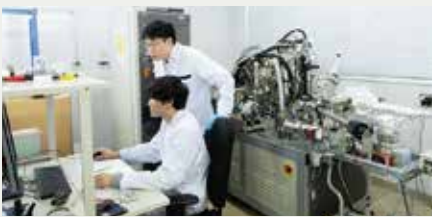
キーワード

有機エレクトロニクス、有機薄膜太陽電池、高分子合成、自己組織化、ナノ構造制御

略 歴

- 2002 東京大学大学院工学系研究科化学生命工学専攻 博士課程修了
- 2002 ノースウエスタン大学 博士研究員
- 2004 東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻 助手
- 2009 東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻 講師
- 2011 東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻 准教授
- 2011 独立行政法人科学技術振興機構 さきがけ研究者（-2017）
- 2012 理化学研究所 創発機能高分子研究チーム チームリーダー
- 2013 同 創発物性科学研究センター 超分子機能化学部門 創発機能高分子研究チーム チームリーダー（現職）
2025/4/1よりチームディレクターに職名変更

チーム紹介・概要



当チームでは、新規な有機半導体高分子材料の開発と、それらの有機電子デバイスへの応用に取り組んでいる。特に、薄膜形成時における分子間の相溶性や相互作用を考慮した精密な有機半導体分子設計により、これまで基礎化学の範疇であった分子自己組織化を優れた機能に結びつけることを狙い、高分子薄膜中の分子レベル・ナノレベルの構造を自在に制御する手法を探索している。その結果として得られる、これまでにないレベルでの構造制御によって、電子デバイス性能を飛躍的に向上させるためのブレークスルーを探索している。ターゲットとしては、薄膜太陽電池や電界効果トランジスタなどの既存の有機電子デバイスに加えて、新規な機能を持ったデバイスの開発にも取り組んでいる。

主要メンバー

（上級研究員）中野 恭兵

（基礎特研）横山 高穂

（特別研究員）

JUNG Hyeonwoo, WILKINSON Dylan

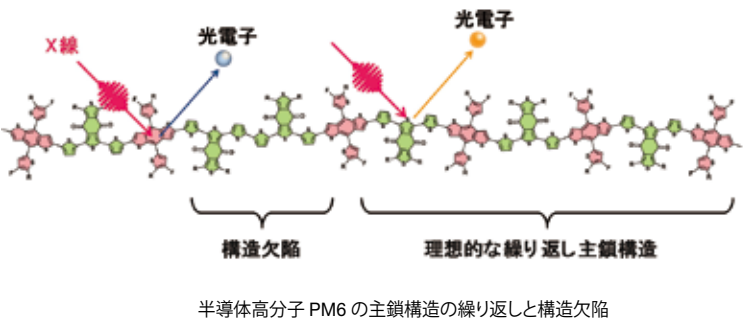
（テクスタ II）加地 由美子

（JRA）鈴木 遼

有機半導体高分子の太陽電池性能がばらつく原因を解明

有機薄膜太陽電池は、軽量で柔軟性に優れることから次世代エネルギー源として注目されている。しかし、太陽電池に使用される半導体高分子の性能は合成ロットごとにばらつきが生じることが課題となっていた。一般に、このばらつきは分子量分布が要因とされるが、それだけでは説明できない事例も多い。特に、高効率な半導体高分子PM6は、BDTとBDDという2つのユニットが交互に繰り返す構造を持つが、合成時に「-A-B-B-A-B-」のような構造欠陥が生じる可能性があり、これが性能ばらつきの原因と考えられていた。しかし、このような欠陥を定量的に評価する手法は限られていた。

本研究では、X線光電子分光法（XPS）を用いた新手法を開発し、Y6とBTP-eC9を標準試料として正確な相対感度係数（RSF）を算出することで、PM6のユニット比率を1%の精度で評価することに成功した。PM6の市販試料3種を評価したところ、BDDユニットの過剰量が供給元ごとに異なり、これが太陽電池の性能差につながっていた。この成果は、半導体高分子の品質管理や材料設計の指針となるとともに、安定した高効率有機薄膜太陽電池の開発に貢献する。



主要論文

- H. Jung, K. Nakano and K. Tajima, "One-Pot Stille Coupling Homopolymerization Toward Bithiophene-Quinoxaline Copolymers with Reduced Sequence Defects", *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 17, 66980 (2025).
- T. Yokoyama and K. Tajima, "Quantifying Anisotropic Mobility Enhancement in Uniaxially Aligned Polythiophene Films via Ion-Exchange Doping", *J. Mater. Chem. C*, 14, 243 (2026).
- R. Suzuki, K. Nakano, M. Miyasaka and K. Tajima, "Vertical Component Distributions in Organic Solar Cells Controlled by Photocrosslinking and Layer-by-Layer Deposition", *Small*, 22, 2411988 (2025).
- K. Nakano, Y. Kaji, R. Suzuki, and K. Tajima, "Quantifying Unit Ratios in Semiconducting Copolymers and Effect of Structural Deviations on Photovoltaic Performance", *Commun. Mater.*, 6, 37 (2025).
- K. Nakano and K. Tajima, "Insights from Planar Heterojunctions: Understanding Charge Carrier Generation in Organic Photovoltaics", *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 17, 8 (2025).

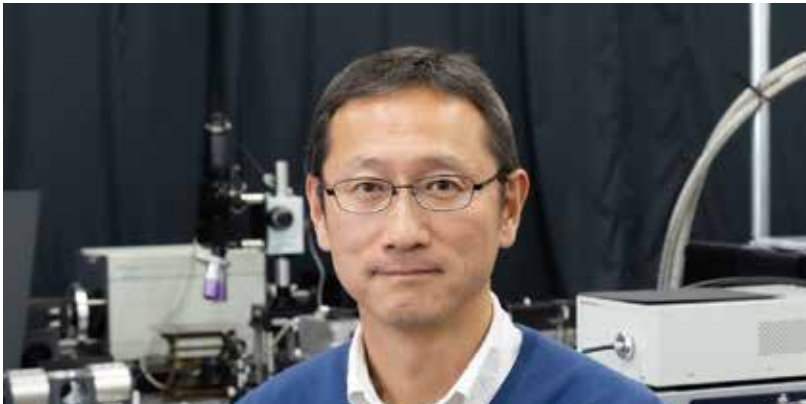
（左） 1 ミクロン厚の高分子フィルム上に製造された超柔軟有機太陽電池
（右） 衣服上に貼り付けた超薄型有機太陽電池の洗濯写真

主要論文

- S. Lee, K. Takano, W. Yukita, Y. Tagawa, L. Sun, S. Wang, J.-S. Kim, T. Yokota, and T. Someya, "A body-scale textile-based electromyogram monitoring system with coaxially shielded conductive yarns", *Sci. Adv.*, 11, eadx4518 (2025).
- S. Xiong, K. Fukuda, K. Nakano, S. Lee, Y. Sumi, M. Takakuwa, D. Inoue, D. Hashizume, B. Du, T. Yokota, Yi. Zhou, K. Tajima, and T. Someya, "Waterproof and ultraflexible organic photovoltaics with improved interface adhesion", *Nat. Commun.*, 15, 681 (2024).
- Z. Jiang, N. Chen, Z. Yi, J. Zhong, F. Zhang, S. Ji, R. Liao, Y. Wang, H. Li, Z. Liu, Y. Wang, T. Yokota, X. Liu, K. Fukuda, X. Chen, and T. Someya, "A 1.3-micrometre-thick elastic conductor for seamless on-skin and implantable sensors", *Nat. Electron.*, 5, 784-793 (2022).
- M. Takakuwa, K. Fukuda, T. Yokota, D. Inoue, D. Hashizume, S. Umezu, T. Someya, "Direct gold bonding for flexible integrated electronics", *Sci. Adv.*, 7, eabl6228 (2021).
- S. Park, S.-W. Heo, W. Lee, D. Inoue, Z. Jiang, K. Yu, H. Jinno, D. Hashizume, M. Sekino, T. Yokota, K. Fukuda, K. Tajima, and T. Someya "Self-powered ultra-flexible electronics via nano-grating-patterned organic photovoltaics", *Nature*, 551, 516-521 (2018).

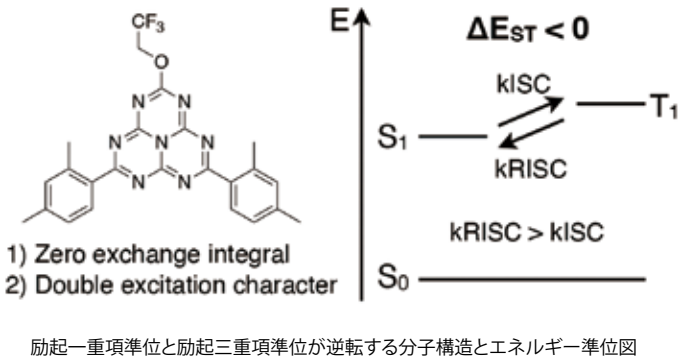
創発超分子材料研究チーム

Emergent Supramolecular Materials Research Team



多電子励起性を帯びた分子の 特異的な励起状態と高効率な蛍光

有機分子の励起状態では、電子のフェルミ粒子性・パウリの排他原理により、(Hartree-Fock 近似下では) 励起三重項準位 T_1 は励起一重項準位 S_1 よりも交換相互作用 2-K 分安定化する。一方でシクラジンやヘプタジン誘導体において、 S_1 が T_1 より低エネルギー ($\Delta E_{ST} = E(S_1) - E(T_1) < 0$) である可能性が報告されている (Leupin et al., JACS 1980; Ehrmaier et al., J. Phys. Chem. A 2019)。我々は、置換ヘプタジン誘導体を新しく合成し、遅延蛍光成分の温度依存性、過渡吸収測定から、 -11 meV の負の ΔE_{ST} を実験的に実証した。また従来の一電子描像に基づく DFT 量子化学計算では ΔE_{ST} は正の値になるが、多電子励起を考慮した量子化学計算では負の値を示し、 S_1 の安定化がヘプタジン骨格に由来する二電子励起性により来していることを示した。逆項間交差速度は項間交差速度よりも速くなり、大幅に短い遅延蛍光・過渡 EL 寿命を示した。これは、励起状態での多電子励起性により、 S_1 と T_1 がエネルギー的に反転した特異的な発光特性を実現した例である。



主要論文

1. R. Komatsu, N. L. H. Hoang, M. Kim, S. U. Ryu, K. Enomoto, D. Hashizume, T. Park, Y.-J. Pu, "An Anthracene Derivative with a Highly Vertical Molecular Orientation", *J. Phys. Chem. Lett.*, 16, 4489-4495 (2025).
2. Y.-J. Pu, "Computational Design of Molecules Having Less Overlapping HOMO and LUMO in the Same Plane", *J. Phys. Chem. A*, 129, 3466-3473 (2025).
3. R. Miranti, R. Komatsu, K. Enomoto, D. Inoue, Y.-J. Pu, "Symmetry-Broken Electronic State of CsPbBr₃ Cubic Perovskite Nanocrystals", *J. Phys. Chem. Lett.*, 15, 10009-10017 (2024).
4. K. Enomoto, R. Miranti, J. Liu, R. Okano, D. Inoue, D. Kim, Y.-J. Pu, "Anisotropic Electronic Coupling in Three-Dimensional Assembly of CsPbBr₃ Quantum Dots", *Chem. Sci.*, 15, 13049-13057 (2024).
5. N. Aizawa, Y.-J. Pu, Y. Harauchi, A. Nihonyanagi, R. Ibuka, H. Inuzuka, B. Dhara, Y. Koyama, K. Nakayama, S. Maeda, F. Araoka, D. Miyajima, "Delayed fluorescence from inverted singlet and triplet excited states", *Nature*, 609, 502 (2022).

夫 勇進 博士 (工学)・チームディレクター
yongjin.pu@riken.jp

研究分野

化学／材料科学

キーワード

励起状態、状態間遷移、有機半導体、半導体
ナノ粒子、コロイド量子ドット

略 歴

- 2002 早稲田大学大学院理工学研究科応用化学専攻 博士課程修了
- 2002 早稲田大学理工学部応用化学科 助手
- 2003 早稲田大学大学院理工学研究科 21COE 客員研究助手
- 2004 日本学術振興会 海外特別研究員 (オックスフォード大学)
- 2006 山形大学工学部機能高分子工学科 助手
- 2007 山形大学大学院理工学研究科有機デバイス工学専攻 助教
- 2010 同 准教授
- 2013 科学技術振興機構 さきがけ研究員
- 2016 山形大学大学院有機材料システム研究科 有機材料システム専攻 准教授
- 2017 理化学研究所 創発物性科学研究センター 超分子機能化学部門 創発超分子材料研究チーム チームリーダー (現職) 2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更

チーム紹介・概要



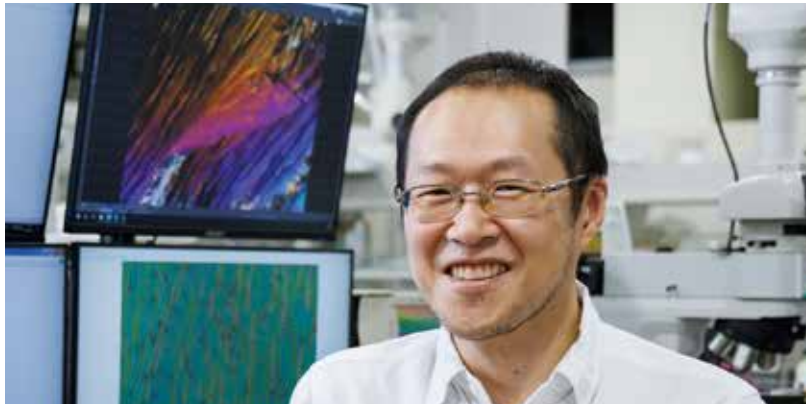
有機半導体分子、無機半導体微粒子において、(動的/静的)構造・組成・集合状態の制御により、励起状態に関わる、エネルギー準位/状態間遷移速度/発光効率/スピン多重度 等の任意制御を実現し、新しいエネルギー・センシング関連技術の創出に挑戦している。

主要メンバー

(研究員) 榎本 航之
(基礎特研) MIRANTI Retno, LIU Guanhao
(客員研究員) 小松 龍太郎

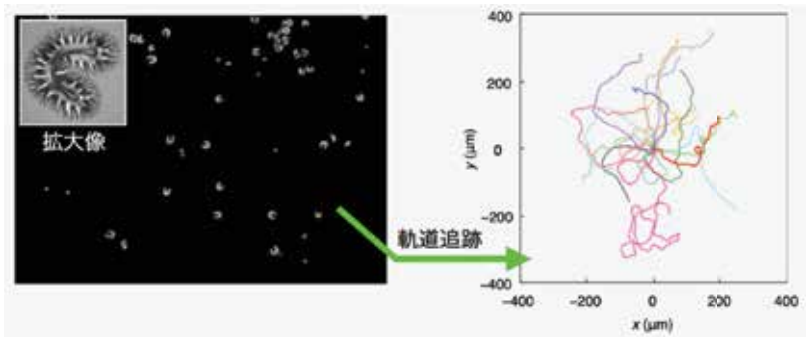
ソフトマター物性研究チーム

Physicochemical Soft Matter Research Team



電場で駆動する強誘電マイクロロボット

近年、液体のような高い流動性を持ちながらも強誘電性を示す、「強誘電ネマチック」と呼ばれる物質系が注目を集めている。この物質系は、流動性と強誘電性の混在という、前例のない物質状態にあることから、応用の可能性が検討されている一方、新規物理現象発現のためのプラットフォームとして、活発に基礎科学研究が行われている。当チームでは、強誘電性ネマチックを用いてミクロンサイズの鼓状の液晶滴 (ドロップレット) を作成し、そこへ交流の電気刺激を与えることで、ドロップレットが基板上を並進運動や回転など、通常の液晶では見られない複雑な動きを示すことを発見した。このとき、ドロップレット周囲には纖毛のような構造が生え、その動きはあたかも生物が這い回るかのように見える。この状態は、電歪効果や圧電効果の競合した非平衡状態にあると考えられ、外部からの駆動エネルギー源となる印加電界の周波数や強度によりドロップレットは形態を変え、動きが変化する。駆動されたドロップレットの集団は、ときには協同的な群れのように振る舞い、いわゆるアクティブマター性も持っている。個々のドロップレットはいわば自己駆動するマイクロロボットと見なすことができ、Febot と名付けた。



集団運動する Febot の像と軌道追跡による運動の可視化

主要論文

1. M. Máthé, H. Nishikawa, F. Araoka*, A. Jákli*, P. Salamon*, "Electrically activated ferroelectric nematic microbots", *Nat. Commun.*, 15, 6928 (2024).
2. D. Okada, F. Araoka, "Magneto - chiral Nonlinear Optical Effect with Large Anisotropic Response in Two-Dimensional Halide Perovskite", *Angew. Chem. Int. Ed.*, 63, e202402081 (2024).
3. H. Nishikawa, K. Sano and F. Araoka, "Anisotropic fluid with phototunable dielectric permittivity", *Nat. Commun.*, 13, 1142 (2022).
4. H. Nishikawa and F. Araoka, "A New Class of Chiral Nematic Phase with Helical Polar Order", *Adv. Mater.*, 33, 2101305 (2021).
5. S. Aya and F. Araoka, "Kinetics of motile solitons in nematic liquid crystals", *Nat. Commun.*, 11, 3248 (2020).

荒岡 史人 博士 (工学)・チームディレクター
fumito.araoka@riken.jp

研究分野

有機材料機能物性

キーワード

液晶・高分子、ソフトマター物性測定、光物性、
有機非線形光学、有機強誘電体

略 歴

- 2003 東京工業大学 大学院理工学研究科 有機・高分子物質専攻 博士課程修了
- 2003 ベルギー・ルーバンカトリック大学 博士研究員
- 2005 東京大学大学院理学系研究科 物理学専攻 博士研究員
- 2006 東京工業大学大学院理工学研究科 有機・高分子物質専攻 博士研究員
- 2007 同 助教
- 2013 理化学研究所 創発物性科学研究センター 統合物性科学研究プログラム ソフトマター物性研究ユニット ユニットリーダー
- 2018 理化学研究所 創発物性科学研究センター ソフトマター物性研究チーム チームリーダー (現職) 2025/4/1よりチームディレクターに職名変更

チーム紹介・概要



当チームでは、高分子材料や液晶をはじめとしたソフトマターのメソスコピックスケールにおける構造多様性に由来する物理・物性とその操作、そして光・電子デバイスや化学機能材料へと発展させるための研究を行っている。こうした構造多様性の本質は分子や分子集合体の自己組織化性にあるが、液晶のように程よい流動性を併せ持っている場合には、電場や磁場、光などの外場印加、あるいは界面の修飾などによりポテンシャル曲面を変化させることで、比較的容易に多様構造の選択・操作が可能となり、これにより極性構造やキラリディ、誘電周期構造といった、オプトロニクスを中心とした応用へ繋がる機能マテリアルを得ることができる。我々は、こうした構造・物性制御に加え、非線形光学測定・イメージングなどを得意とし、主な解析ツールとしている。

具体的には、1.新規液晶性強誘電体における物理機構解明とデバイス創製、2.自己組織化による巨視的キラリディ発現のメカニズム、コントロールと応用、3.カラムナー液晶のよる自己組織化性を切り口とした光・電子デバイスにおける物理機構の探索、などを行っている。

主要メンバー

(研究員) 西川 浩矢
(特別研究員) KWARIA Dennis
(学振特別研究員 PD) 齊藤 圭太

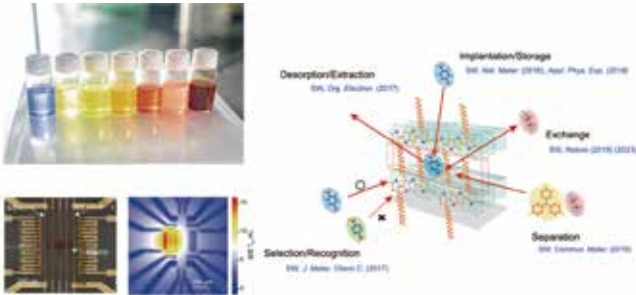
創発分子エレクトロニクス研究チーム

Emergent Molecular Electronics Research Team



高分子の錬金術に挑む

ゴムやプラスチックに代表される有機化合物は、良質な電氣的絶縁体として我々の生活に欠かすことのできない基盤材料である。一方で、炭素間に単結合と二重結合が交互に繰り返されるパイ共役系と呼ばれる特殊な骨格をもつ有機化合物は、光吸収・発光特性・伝導性や磁性など様々な物性を発現する。電気が流れる有機化合物は日本で発見され 70 年の歴史を持つが、その物性の理解や新規材料の開発、そしてその価値を社会に還元していくという意味では、基礎から応用まで一貫した研究を継続していく必要がある。当チームは、高分子や低分子とイオンなどを精密に複合化させるオリジナルな技術を用いて、金属のように電子や熱を流す金属プラスチックを実現した。これをプラスチックの錬金術と位置付け、高分子材料の新規な電子状態や電子相転移の可能性を探索する。



(左上) パイ共役系有機化合物のインク。分子構造によって、バンドギャップが異なるため様々な色のインクが得られる。(左下) 電子と熱の輸送を同時に計測可能な微細加工デバイス。(右) 結晶性高分子半導体中のイオンダイナミクスを用いて、機能性材料の開拓を行う。

主要論文

1. N. Kasuya, J. Tsurumi, T. Okamoto, S. Watanabe*, and J. Takeya* (*corresponding author) "Two-dimensional hole gas in organic semiconductors", *Nat. Mater.* 20 1401 (2021).
2. Y. Yamashita, J. Tsurumi, M. Ohno, R. Fujimoto, S. Kumagai, T. Kurosawa, T. Okamoto, J. Takeya, and S. Watanabe* (*corresponding author) "Efficient molecular doping of polymeric semiconductors driven by anion exchange", *Nature*, 572, 634 (2019).
3. J. Tsurumi, H. Matsui, T. Kubo, R. Hausermann, C. Mitsui, T. Okamoto, S. Watanabe*, and J. Takeya* (*corresponding author) "Coexistence of ultra-long spin relaxation time and coherent charge transport in organic single-crystal semiconductors", *Nat. Phys.*, 13, 994 (2017).
4. K. Kang*, S. Watanabe*, K. Broch, A. Sepe, A. Brown, I. Nasrallah, M. Nikolka, Z. Fei, M. Heeney, D. Matsumoto, K. Marumoto, H. Tanaka, S. Kuroda, and H. Sirringhaus (*equal contribution) "2D coherent charge transport in highly ordered conducting polymers doped by solid state diffusion", *Nat. Mater.*, 15, 896 (2016).
5. S. Watanabe*, K. Ando*, K. Kang, S. Mooser, Y. Vaynzof, H. Kurebayashi, E. Saitoh, and H. Sirringhaus (*equal contribution) "Polaron spin current transport in organic semiconductors", *Nat. Phys.*, 10, 308 (2014).

渡邊 峻一郎 博士 (工学)・チームディレクター
shun.watanabe.ey@riken.jp

研究分野

材料科学／物理学／工学／化学

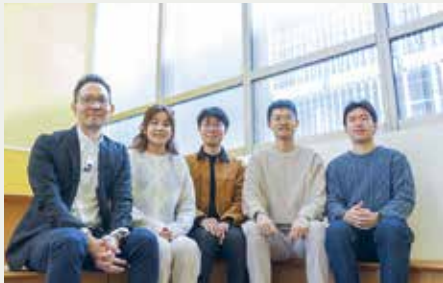
キーワード

有機エレクトロニクス、有機半導体、 π 電子系化合物、ナノデバイス、合成化学

略 歴

- 2011 名古屋大学大学院工学研究科マテリアル理工学専攻 博士課程修了
- 2011 名古屋大学 大学院工学研究科マテリアル理工学専攻 日本学術振興会特別研究員
- 2012 英国ケンブリッジ大学 物理学科キャベンディッシュ研究所 オプトエレクトロニクスグループ ポスドク研究員
- 2014 東京大学 大学院新領域創成科学研究科物質系専攻 竹谷研究室 特任准教授
- 2015 独立行政法人科学技術振興機構 さきがけ専任研究員
- 2016 東京大学 大学院新領域創成科学研究科物質系専攻 竹谷研究室 特任准教授
- 2020 東京大学 大学院新領域創成科学研究科物質系専攻 竹谷研究室 准教授
- 2024 東京大学 大学院新領域創成科学研究科物質系専攻 渡邊研究室 准教授
- 2024 理化学研究所 創発物性科学研究センター 創発分子エレクトロニクス研究チーム チームリーダー (現職) 2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更

チーム紹介・概要



パイ共役系と呼ばれる特殊な骨格をもつ有機化合物は、光吸収・発光特性・伝導性や磁性など様々な物性を発現する。当チームは、高分子や低分子とイオンなどを精密に複合化させるオリジナルな技術を用いて、金属のように電子や熱を流す金属プラスチックの材料開拓を行う。その物性の理解や新規材料の合成、そしてその価値を社会に還元していくという意味で、基礎から応用まで一貫した研究を実施する。

主要メンバー

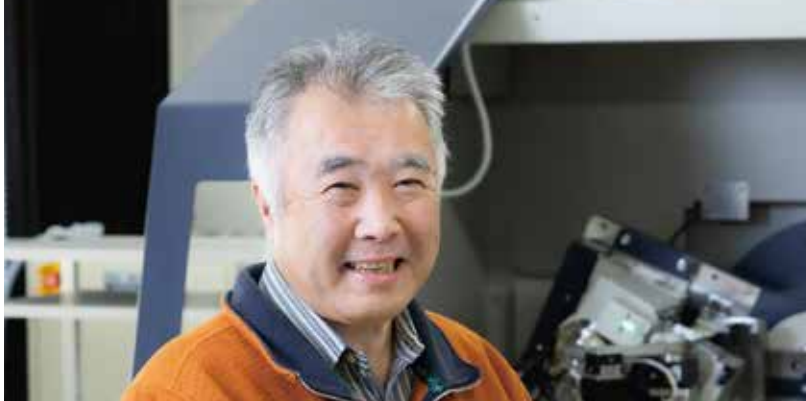
(特別研究員) WANG Hai, WULANDARI Retno, 伊藤 駿一郎

(研修生・研究パートタイマー I) 金田 高廣

(研修生) DONG Yiyang, WANG Mingqian, LIN Junliang, 小唄 歩大

物質評価支援チーム

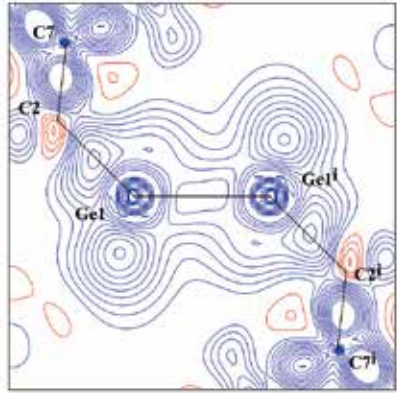
Materials Characterization Support Team



精密X線解析で観測する化学結合

当チームでは、高精度・高確度な単結晶 X 線回折実験と解析により価電子の分布を精度よく観測し、新奇な結合を有する分子や、不安定化学種を中心に、その性質を実験的に明らかにしている。

X 線結晶構造解析は結晶中の全電子密度分布を、球状原子モデル (孤立原子モデル) を当てはめて近似することで、結晶中での原子の配列を得る手法である。これによって得られる分子の構造が、化合物の性質について重要な情報を与える。このため単結晶 X 線構造解析は、化学研究において欠くことのできない研究手法の一つとなっている。一方、分子の化学的性質に大きく寄与しているのは、価電子の分布である。分子の性質、特に新奇な結合や、反応性、電荷分離、結合状態、分子間相互作用の評価には価電子の分布を考慮する必要がある。しかし、通常の X 線結晶構造解析では、価電子は構造モデルに取込まれないため、これらの定量的な評価を行うことができない。我々は球状原子モデルの代わりに多極子モデルを用いる手法で価電子の分布を解析し、新奇な結合、ラジカルの分布、結合開裂過程など、化合物の結合状態を中心に分子の性質を明らかにしている。



単結晶 X 線回折法によって観測された歪んだ Ge-Ge π 結合の電子密度分布
Licensed under CC BY 4.0.

主要論文

1. N. Nakamura, Y. Sahara, Y. Yamazaki, D. Inoue, D. Hashizume, and S. Ohta, "Dynamics in Anisotropic Disassembly process of DNA-assembled core-satellite superstructure of gold-nanoparticles at nanometer order", *J. Am. Chem. Soc.*, 147, 47595 (2025).
2. A. Li, S. Kong, H. Ooka, S. Kong, K. Adachi, Y. Zhang, K. Fushimi, S. Hamamoto, M. Oura, S. Kim, D. Hashizume, and R. Nakamura, "Oxygen evolution electrocatalysis resilient to voltage fluctuations", *Nat. Sustain.*, 8, 1533 (2025).
3. J. M. L. Baeza, H. Xu, S. Takahashi, A. Baceiredo, R. S. R. Guerrero, D. Hashizume, N. Saffon-Merceron, V. Branchadell, and T. Kato, "Isolable three-coordinate base-stabilized alumylene: a precursor of persistent acceptor-free monomeric aluminum oxide", *Angew. Chem. Int. Ed.*, 64, e202505181 (2025).
4. H. Huang, G. Chen, M. Hoshino, K. Adachi, D. Hashizume, H. Sato, Z. Chen, S. Zhang, K. Wang, X. Lin, Y. Zhao, and T. Aida, "Emergence of chirality in an optically active two-dimensional crystal with a spiral surface pattern", *J. Am. Chem. Soc.*, 147, 3206 (2025).
5. T. Sugahara, D. Hashizume, A. Espinosa Ferao, K. Masada, N. Tokitoh, and T. Sasamori, "Experimental and theoretical characterization of 4 π -electron Möbius aromatic system of a 1,2-digermacyclobutadiene", *Angew. Chem. Int. Ed.*, 64, e202413426 (2025).

橋爪 大輔 博士 (理学)・チームディレクター
hashi@riken.jp

研究分野

構造化学／分析化学／材料科学

キーワード

X 線結晶構造解析、電子顕微鏡、化学分析

略 歴

- 1997 東京工業大学 理工学研究科 化学専攻 博士課程修了 博士 (理学) 取得
- 1997 電気通信大学 電気通信学部 電子物性工学科 助手
- 2002 理化学研究所 先端技術開発支援センター 物質構造解析チーム 研究員
- 2011 同 先端技術基盤部門 物質評価チーム 専任研究員
- 2013 同 創発物性科学研究センター 超分子機能化学部門 物質評価支援ユニット ユニットリーダー
- 2018 同 超分子機能化学部門 物質評価支援チーム チームリーダー (現職) 2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更

チーム紹介・概要



当チームでは、X 線結晶構造解析、電子顕微鏡観察、化学分析を柱とした研究支援を行っている。我々はルーチンの技術支援に留まるのではなく、測定技術に磨きをかけ、専門とする手法で質的に最高レベルの解析、観察、分析を行うことを目指している。研究者と緊密に連携し、研究者の研究目的を踏まえた分析と結果評価を行い、研究をバックアップし、さらに研究に新しい視点を加えるよう研究支援を行っている。分析を通じて先端の研究を支えるために、研究の動向を見据えた未踏の測定および解析技術の開発に取り組んでいる。さらに当チームが得意とする手法を有機的に結合させることで、複眼的な研究支援を行うことを目指している。

主要メンバー

(専任技師) 鈴木 恵子

(専門技術員) 井ノ上 大嗣

(基礎特研) 足立 精宏

(特別研究員)

シャルマ プリヤンカ, ヤーダヴ ジテン

(テクスタ I) アルファウエイ モハメド

量子機能システム研究グループ

Quantum Functional System Research Group



樽茶 清悟 工学博士・グループディレクター
tarucha@riken.jp

研究分野

物理学／工学

キーワード

量子情報デバイス、量子もつれ、量子コヒーレンス、トポロジカル粒子

略 歴

- 1978 日本電信電話公社(武蔵野電気通信研究所基礎研究部)(現NTT基礎研究所)入社
- 1998 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 教授
- 2004 同 工学系研究科物理工学専攻 教授
- 2012 理化学研究所 創発物性科学研究センター 量子機能システム研究グループ グループディレクター(現職)
- 2018 同 創発物性科学研究センター 副センター長
- 2021 理化学研究所 量子コンピュータ研究センター 半導体量子情報デバイス研究チーム チームリーダー(現職)2025/4/1よりチームディレクターに職名変更
- 2024 同 創発物性科学研究センター 創発現象観測技術研究チーム チームリーダー

グループ紹介・概要



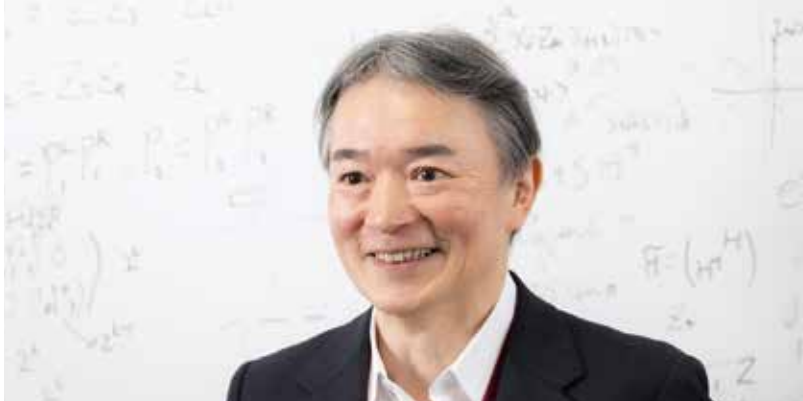
固体中の量子状態の制御を原理とする量子情報処理の研究を行なっている。量子情報処理は、エネルギー損失を抑え、安全性を確保できる理想的な情報技術である。我々は、その有効性を半導体中のスピンの量子コヒーレンスと量子もつれの操作、などの概念に基づいて検証し、新原理、新技術による応用の道筋を付けることを目指す。具体的には、シリコンのスピンによる小規模量子情報処理回路の構築と量子情報デバイスの開発、そして量子情報技術を利用した新しい物理と技術の探求を課題とする。

主要メンバー

- (上級研究員) 中島 峻, 武田 健太,
FRASER Michael Desmond, 野入 亮人
(専任研究員) 大野 圭司
(研究員) CAMENZIND Leon
(特別研究員) ZHANG Fan,
CHITTOCK-WOOD Jacob Francis, HUANG Jing
(客員研究員) 大塚 朋廣, 松尾 貞茂, 溝口 来成,
李 憲之, 宇津木 健
(テクスタ I) 寺岡 総一郎
(研修生) WEN Chutian, 小林 昌平, 荒川 雄登,
JIANG Bo, 平出 愛, 河底 颯生,
長柄 龍乃丞, 藤井 葉汰

量子凝縮体研究チーム

Quantum Condensate Research Team



上田 正仁 理学博士・チームディレクター
masahito.ueda@riken.jp

研究分野

物理学／工学／数学／学際研究

キーワード

冷却原子、ボース・アインシュタイン凝縮、非平衡開放量子系、量子熱力学

略 歴

- 1988 日本電信電話株式会社基礎研究所 研究員
- 1994 広島大学工学部第二類電子物性大講座 助教授
- 2000 東京工業大学大学院理工学研究科物性物理学専攻 教授
- 2008 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 教授(現職)
- 2014 理化学研究所 創発物性科学研究センター 量子情報エレクトロニクス部門 量子凝縮体研究チーム チームリーダー(現職)2025/4/1よりチームディレクターに職名変更
- 2026 同 最先端研究プラットフォーム連携(TRIP)事業 本部 基礎量子科学研究プログラム 副プログラムディレクター(現職)

チーム紹介・概要



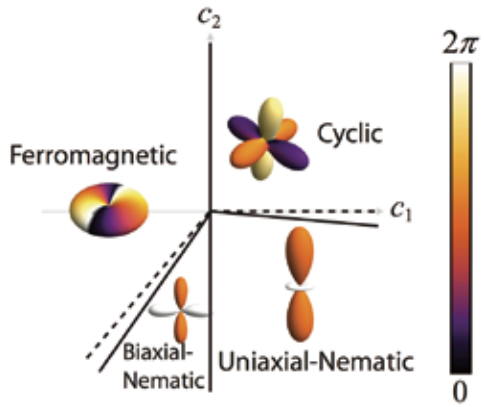
量子、量子測定、情報、熱力学、機械学習の境界領域において物理学のフロンティアを開拓することを目指している。特に、相互作用の強さを含めたほとんどの物質パラメータが人工制御可能な冷却原子気体を舞台として、非平衡開放量子系の物理や量子熱力学の研究をおこなう。

主要メンバー

- (研究員) 周 健治, 中西 健, 森田 悠介
(特別研究員) LI Kai, SABOO Arpana
(客員主管研究員) DOYLE John Morrissey
(客員研究員) 辻 直人

ボース・アインシュタイン凝縮体におけるトポロジカル励起の研究

冷却原子気体は相互作用の強さと符号をはじめとする、系を特徴づけるほとんどすべてのパラメータを高い精度で制御できる理想的な人工量子物質である。我々はこの高い制御性を用いて、冷却原子気体、とりわけ、そのボース・アインシュタイン凝縮体におけるトポロジカル励起の研究を行ってきた。系を特徴づけるパラメータを突然変化させると、秩序変数が断絶的に応答することができず、量子渦やスピン渦のようなトポロジカル励起がいわゆるキブル・ズレーック機構によって発生する。また、光格子に閉じ込められた反強磁性的な相互作用をするボース・アインシュタイン凝縮体に外部磁場を印可することによってノットと呼ばれる興味深いトポロジカル励起が発生することを見出した。



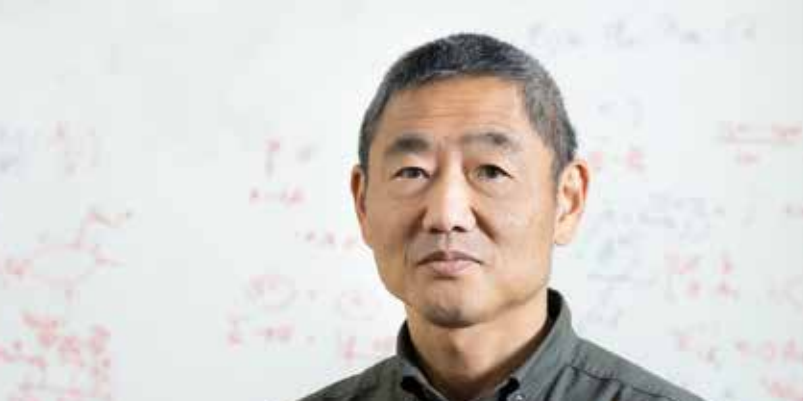
スピン 2 ボース・アインシュタイン凝縮体の基底状態の相図
どの相に属するかによって、異なったタイプのトポロジカル励起が生じる

主要論文

- M. Nakagawa and M. Ueda, "Topology of Discrete Quantum Feedback Control", *Phys. Rev. X* 15, 021016 (2025).
- L. Dabelow and M. Ueda, "Three learning stages and accuracy-efficiency tradeoff of restricted Boltzmann machines", *Nat. Commun.* 13, 5474 (2022).
- E. Yukawa and M. Ueda, "Morphological Superfluid in a Nonmagnetic Spin-2 Bose-Einstein Condensate", *Phys. Rev. Lett.* 124, 105301 (2020).
- K. Kawabata, K. Shiozaki, M. Ueda and M. Sato, "Symmetry and Topology in Non-Hermitian Physics", *Phys. Rev. X* 9, 041015 (2019).
- K. Kawabata, S. Higashikawa, Z. Gong, Y. Ashida, and M. Ueda, "Topological unification of time-reversal and particle-hole symmetries in non-Hermitian physics", *Nat. Commun.* 10, 297 (2019). [selected as Editors' Highlights]

スピン物性理論研究チーム

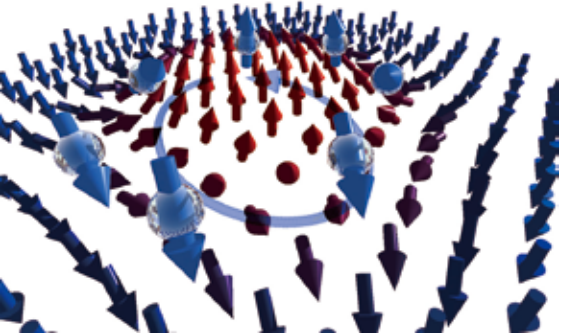
Spin Physics Theory Research Team



スピン—電流変換の理論

スピントロニクスデバイスを、従来のエレクトロニクスに組み込むためには、スピンの運ぶ信号を電気信号に変換することが必要である。我々はスピンの流れの制御及び電流への変換の可能性を理論的に研究している。スピンと電荷の変換は磁化構造やスピン軌道相互作用など多様な起源により引き起こされる。例えば磁化構造にスピン偏極電流を流すと磁化構造が引きずられて流れるというスピン移行効果や、磁化構造中で電子が受けるスピンベリ—位相効果、スピン起電力などがよく知られている。またスピン軌道相互作用はスピンホール効果や逆スピンホール効果などスピンと電荷をつなぐ重要な効果を生み出している。我々の研究ではこれらを含むスピン電荷変換現象を有効ゲージ結合という視点で整理し電磁気現象との統一的視点から記述する枠組みを与えることに成功した。この成果はスピントロニクスと従来のエレクトロニクスの融合に大きく貢献すると期待される。

また、スピン流の概念を用いたスピントロニクス現象の記述には原理的な不定性が避けられないが、我々はスピンと電荷の変換現象を、駆動場と測定場を線形応答理論で直接結びつける理論を展開し、不定性なく記述する定式化も行った。



強磁性金属中では伝導電子が磁化構造中を運動する際にスピンの回転をおこし量子力学的位相が生じる。この位相が有効的な磁場や電場としてはたらくスピンに結合する有効電磁場が発生する。

主要論文

1. H. Funaki, and G. Tatara, "Hydrodynamic theory of chiral angular momentum generation in metals", *Phys. Rev. Research*, 3, 023160(9) (2021).
2. G. Tatara, C. A. Akosa, and R. M. Otxoa de Zuazola, "Magnon pair emission from a relativistic domain wall in antiferromagnets", *Phys. Rev. Research*, 2, 043226(17) (2020).
3. G. Tatara, "Effective gauge field theory of spintronics", *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 106, 208-238 (2019).
4. C. A. Akosa, O. A. Tretiakov, G. Tatara, and A. Manchon, "Theory of the Topological Spin Hall Effect in Antiferromagnetic Skyrmions: Impact on Current-Induced Motion", *Phys. Rev. Lett.*, 121, 097204(5) (2018).
5. T. Kikuchi, T. Koretsune, R. Arita, and G. Tatara, "Dzyaloshinskii-Moriya Interaction as a Consequence of a Doppler Shift due to Spin-Orbit-Induced Intrinsic Spin Current", *Phys. Rev. Lett.* 116, 247201 (1-6) (2016). (PRL Editors' Suggestion).

多々良 源 博士（理学）・チームディレクター
gen.tatara@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

キーワード

スピントロニクス、スピン - 軌道相互作用、磁壁、モノポール、スピン流、メタマテリアル

略 歴

- 1992 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 博士課程修了
- 1992 東京大学大学院理学系研究科 研究生
- 1994 理化学研究所 基礎科学特別研究員
- 1996 大阪大学大学院理学研究科 助手
- 2004 科学技術振興機構 さきがけ研究員
- 2005 首都大学東京都市教養学部理工学系（大学院理工学研究科）准教授
- 2012 理化学研究所 創発スピン物性理論研究チーム チームリーダー
- 2013 同 創発物性科学研究センター 量子情報エレクトロニクス部門 スピン物性理論研究チーム チームリーダー（現職）
2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更

チーム紹介・概要



物性研究の目的は物質の最高性能を引き出すことである。当チームではその中でも特に電子のもつ微小磁石、スピン、に関わる新現象を理論的に開拓している。現在の技術であるエレクトロニクスでは電子の電荷と電流のみを利用しているが、スピンの制御が可能となればスピンのもつ情報も加えたスピントロニクスが実現され、今よりもはるかに多量の情報を高速で、また低いエネルギー消費で処理することが可能となる。特に現在重要視されている効果としては物質中のスピンにはたらく強い量子相対論効果があり、これをうまく用いると非常に強い磁石や、スピンのもつ情報を電気信号に高効率で変換したりすることが実現される。解析には主に場の理論という手法を用いている。

主要メンバー

（研究員）

AL Assadi Mohammad Hussein Naseef

（基礎特研）姚 大鵬

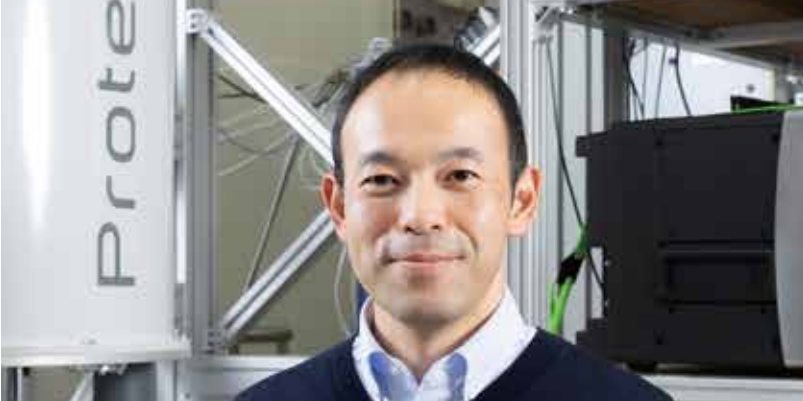
（特別研究員）SURAJ Kabir Salihu

（リサーチアソシエイト）HALDER Ambalika

（客員研究員）山口 皓史

量子電子デバイス研究チーム

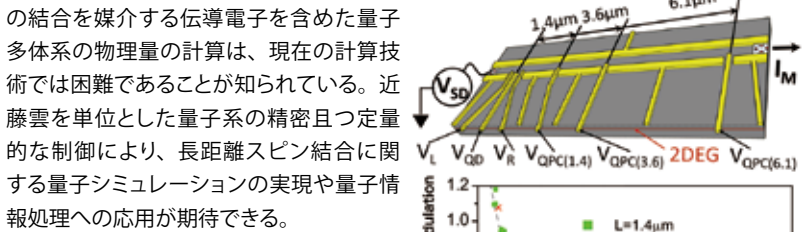
Quantum Electron Device Research Team



近藤遮蔽雲の電気制御と量子多体シミュレーション

局在スピンと伝導電子との間の相互作用によって生じる近藤効果は、超伝導と並んで最も典型的な電子間相互作用効果として知られる。近藤効果が起きているとき、局在スピンと結合する伝導電子が雲のように広がって局在スピンを遮蔽することから、その状態は「近藤雲」とも呼ばれる。近藤雲は、局在スピンと伝導電子スピンとの間の量子もつれのエネルギーに対応する「近藤温度」の逆数に比例するサイズと普遍的な形状を有する。

近藤雲は、半導体の人工原子に局在スピンを閉じ込め、周囲の伝導電子と結合させることで形成できる。最近の研究では、近藤雲を電子波干渉によって変形させ、局在スピンと伝導電子スピンとの間の量子もつれを定量的に制御できることが明らかになった。現在、複数の近藤雲が重なった場合について、更なる研究を進めている。局在スピンの複数が存在する場合、局在スピン間の結合を媒介する伝導電子を含めた量子多体系の物理量の計算は、現在の計算技術では困難であることが知られている。近藤雲を単位とした量子系の精密且つ定量的な制御により、長距離スピン結合に関する量子シミュレーションの実現や量子情報処理への応用が期待できる。



近藤雲の観察実験に用いられた試料の模式図と近藤雲の形状。量子ポイントコンタクトのゲート電圧（V_QPC）による近藤雲の変調具合を定量化することによって近藤雲の形状を得た。
Figure taken from Nature 579, 210 (2020).

主要論文

1. S. Takada, G. Georgiou, J. Wang, Y. Okazaki, S. Nakamura, D. Pomaranski, A. Ludwig, A. D. Wieck, M. Yamamoto, C. Bäuerle, and N.-H. Kaneko, "Eigenstate control of plasmon wavepackets with electron-channel blockade", *Nat. Commun.* 16, 9942 (2025).
2. M. Tanaka, K. Watanabe, T. Taniguchi, K. Nomura, S. Tarucha, and M. Yamamoto, "Temperature-induced phase transitions in the correlated quantum Hall state of bilayer graphene", *Phys. Rev. B*, 105, 075427 (2022).
3. R. Ito, S. Takada, A. Ludwig, A. D. Wieck, S. Tarucha, and M. Yamamoto, "Coherent beam splitting of flying electrons driven by a surface acoustic wave", *Phys. Rev. Lett.*, 126, 070501 (2021).
4. M. Tanaka, Y. Shimazaki, I. V. Borzenets, K. Watanabe, T. Taniguchi, S. Tarucha, and M. Yamamoto, "Charge Neutral Current Generation in a Spontaneous Quantum Hall Antiferromagnet", *Phys. Rev. Lett.*, 126, 016801 (2021).
5. I. V. Borzenets, J. Shim, J. C. H. Chen, A. Ludwig, A. D. Wieck, S. Tarucha, H.-S. Sim, and M. Yamamoto, "Observation of the Kondo screening cloud", *Nature*, 579, 210 (2020).

山本 倫久 博士（理学）・チームディレクター
michihisa.yamamoto@riken.jp

研究分野

物理学／工学

キーワード

2 次元電子系、単一電子制御、ナノデバイス、量子コヒーレンス、量子相関

略 歴

- 2004 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 博士課程修了（理学）
- 2004 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 助手
- 2007 同 助教
- 2014 同 講師
- 2017 東京大学大学院工学系研究科附属量子相エレクトロニクス研究センター 特任准教授
- 2017 理化学研究所創発物性科学研究センター 統合物性科学研究プログラム 量子電子デバイス研究ユニット ユニットリーダー
- 2020 同 量子電子デバイス研究チーム チームリーダー（現職）2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更
- 2023 東京大学大学院工学系研究科附属量子相エレクトロニクス研究センター 教授（現職）

チーム紹介・概要



当チームでは、固体中の量子自由度の制御と伝送の技術に基づいた量子電子デバイスの創製に取り組む。具体的には、半導体微細構造中を伝搬する電子の量子状態を1電子単位で制御する量子電子光学実験や原子層物質における新たな量子自由度の伝送・制御の実験によって量子コヒーレンスの広がりや量子相関、量子変換の物理を解明し、それに基づいた量子デバイスの指導原理を開発する。同時に、高度な量子技術を用いて物性科学の問題をミクロな視点から解き明かし、量子技術と物性科学を融合させた新しいフロンティアを切り拓く。

主要メンバー

（研究員）TU Ngoc Han

（客員研究員）POMARANSKI David

（研修生）小崎 陽友、青木 幸一

創発スピントロニクス研究チーム

Emergent Spintronics Research Team



齊藤 英治 博士（工学）・チームディレクター
eiji.saitoh@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

キーワード

スピントロニクス、エネルギー変換、量子デバイス、量子情報処理、機械学習物理

略 歴

- 2001 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 博士課程修了
- 2001 慶應義塾大学理工学部物理学科 助手
- 2006 慶應義塾大学理工学部物理情報工学科 専任講師
- 2009 東北大学金属材料研究所 教授
- 2012 東北大学原子分子材料科学高等研究機構 (WPI-AIMR) (現 東北大学材料科学高等研究所) 教授
- 2018 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 教授（現職）
- 2023 理化学研究所 創発物性科学研究センター 創発スピントロニクス研究チーム チームリーダー（現職）2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更

チーム紹介・概要



当研究チームでは、ナノスケールで形状制御された磁性体、無機及び有機半導体、超伝導体の複合構造における様々な量子スピントロニクス現象について研究を行っている。量子スピンドYNAMICS、スピン伝導、そしてスピンと巨視的秩序との相互作用に焦点を当て、輸送物性測定、光物性測定、超低温マイクロ波分光などの手法を用いた実験を進めている。この研究を通じて、スピントロニクスを量子領域に拡張し、基礎物理の体系を構築するとともに、情報処理やエネルギー変換への応用を目指している。

主要メンバー

（研究員） 巻内 崇彦
（基礎特研） 荒木 那巨
（特別研究員） EMDI Geil
（客員研究員） 日置 友智、有沢 洋希、横井 直人、星 幸治郎

スピントロニクスで 未来の量子デバイス原理を創る

量子スピントロニクスの学理は、革新的デバイス実現のための重要な指導原理である。電子のスピン自由度と凝縮体の有する多様な自由度との相互作用の物理学を開拓し、応用へとつなげる。ナノ強磁性体の形状効果により強い非線形性を示すスピンダイナミクスは、スキュージング、非線形分岐現象などのエキゾチックな応答を示し、かつスピン流や電圧によって制御することができる。ナノ磁性体で顕著な非線形パラメトリック過程の研究を行い、これを利用したスピンの集団励起の非線形領域及び量子領域を開拓する。特に、量子スキューズされたマグノン（スピン波）は、強い非線形性と高いコヒーレンスが両立した量子情報担体であり、量子情報エレクトロニクスや量子センサー（磁場センサー、熱及び熱揺らぎセンサーなど）などへの応用が期待できる。また、熱的スキュージングされたマグノンは熱制御デバイスや発電デバイスへの応用も期待できる。更に、凝縮体においては強磁性秩序以外にも、多様な秩序相が存在し、電流・スピン流と結合すると期待できる。当グループの有するスピントロニクス物性測定技術を駆使し、この結合がもたらす新しい物性科学領域も開拓する。



ナノ磁性体パラメトロン

主要論文

- H. Arisawa, Y. Fujimoto, T. Kikkawa, and E. Saitoh, "Observation of nonlinear thermoelectric effect in $\text{MoGe}/\text{Y}_2\text{Fe}_2\text{O}_{12}$ ", *Nat. Commun.* 15, 6912 (2024).
- T. Makiuchi, T. Hioki, H. Shimizu, K. Hoshi, M. Elyasi, K. Yamamoto, N. Yokoi, A. A. Serga, B. Hillebrands, G. E. W. Bauer, and and, E. Saitoh, "Persistent magnetic coherence in magnets", *Nature Mater.* 23, 627 (2024).
- H. Arisawa, H. Shim, S. Daimon, T. Kikkawa, Y. Oikawa, S. Takahashi, T. Ono, and and, E. Saitoh, "Observation of spin-current striction in a magnet", *Nat. Commun.* 13, 2440 (2022).
- S. Daimon, K. Tsunekawa, S. Kawakami, T. Kikkawa, R. Ramos, K. Oyanagi, T. Ohtsuki, and E. Saitoh, "Deciphering quantum fingerprints in electric conductance", *Nat. Commun.* 13, 3160 (2022).
- T. Kikkawa, D. Reitz, H. Ito, T. Makiuchi, T. Sugimoto, K. Tsunekawa, S. Daimon, K. Oyanagi, R. Ramos, S. Takahashi, Y. Shiomi, Y. Tserkovnyak, and E. Saitoh, "Observation of nuclear-spin Seebeck effect", *Nat. Commun.* 12, 4356 (2021).

トポロジカルエレクトロニクス研究チーム

Topological Electronics Research Team



川村 稔 博士（理学）・チームディレクター
minoru@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

キーワード

トポロジカル絶縁体、トポロジカル超伝導、薄膜・界面、量子輸送現象、異常ホール効果

略 歴

- 2001 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 博士課程修了
- 2001 NTT 物性科学基礎研究所 リサーチアソシエイト
- 2003 理化学研究所 河野低温物理研究室 基礎科学特別研究員
- 2006 東京大学生産技術研究所 特任助教
- 2008 理化学研究所 河野低温物理研究室 研究員
- 2015 同 創発物性科学研究センター 強相関量子伝導研究チーム 専任研究員
- 2024 同トポロジカルエレクトロニクス研究チーム チームリーダー（現職）2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更

チーム紹介・概要



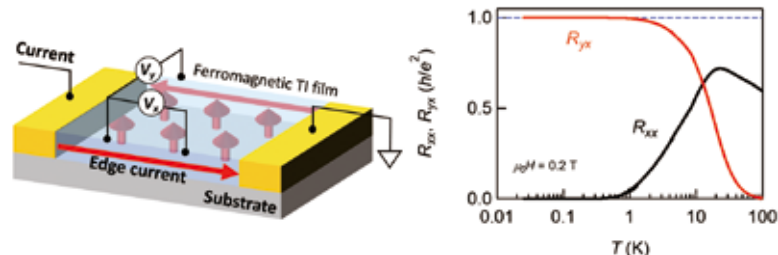
当チームでは、トポロジカル物質の薄膜や界面、異種物質のナノ複合構造が生み出す新奇な量子輸送現象を研究している。極限環境下での電気伝導測定やマイクロ波分光などの高度な計測技術を駆使し、電子相関や幾何学的位相、スピンダイナミクスが織りなす非自明な物理現象を探索する。これらの研究を通じ、非散逸性の高い電子流を情報やエネルギーの担体とするトポロジカルエレクトロニクスという新たな分野の開拓に取り組んでいる。

主要メンバー

（研究員） 小川 亮、佐藤 雄貴

磁性トポロジカル絶縁体を用いた 量子抵抗標準素子の開発

トポロジカル絶縁体は、物質内部は絶縁体でありながら、表面にのみ特異な電気伝導層を持つ物質群である。トポロジカル絶縁体に磁性元素を添加した磁性トポロジカル絶縁体では、外部磁場がなくてもホール抵抗がプランク定数 h と素電荷 e で規定される量子抵抗値 h/e^2 （フォン・クリッティング定数）へと量子化される。量子異常ホール効果として知られているこの現象は、従来のような巨大な強磁場発生装置を必要としないため、次世代の量子抵抗標準として高い応用可能性を秘めている。我々は、分子線エピタキシー法を駆使して高品質な磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ構造薄膜の作製に成功した。その結果、ホール抵抗値が 8 桁という極めて高い精度でフォン・クリッティング定数に一致することを確認した。本成果は、強磁場装置を使わないコンパクトな量子抵抗標準の実現に向けた一歩であり、精密計測技術の小型化・汎用化を加速させるものである。



（左）量子異常ホール効果測定に使用したデバイスの概念図。（右）縦抵抗 (R_{xx}) とホール抵抗 (R_{yx}) の温度依存性。温度 1 ケルビン以下で、ホール抵抗が h/e^2 となる量子異常ホール効果が発現する。

主要論文

- Y. Sato, S. Nagahama, S. Kitou, H. Sagayama, I. Belopolski, R. Yoshimi, M. Kawamura, A. Tsukazaki, N. Kanazawa, T. Nomoto, R. Arita, T. Arima, M. Kawasaki, and Y. Tokura "Superconductivity and suppressed monoclinic distortion in FeTe films enabled by higher-order epitaxy", *Nat. Commun.* 16, 10913 (2025).
- Y. Sato, S. Nagahama, I. Belopolski, R. Yoshimi, M. Kawamura, A. Tsukazaki, A. Yamada, M. Tokunaga, N. Kanazawa, K. S. Takahashi, Y. Onuki, M. Kawasaki, and Y. Tokura "Non-Fermi liquid transport and strong mass enhancement near the nematic quantum critical point in $\text{FeSe}_x\text{Te}_{1-x}$ thin films", *Phys. Rev. B* 112, L041121 (2025).
- M. Kawamura, M. Mogi, R. Yoshimi, T. Morimoto, K. S. Takahashi, A. Tsukazaki, N. Nagaosa, M. Kawasaki, and Y. Tokura "Laughlin charge pumping in a quantum anomalous Hall insulator", *Nat. Phys.* 19, 333 (2023).
- M. Mogi, Y. Okamura, M. Kawamura, R. Yoshimi, K. Yasuda, A. Tsukazaki, K. S. Takahashi, T. Morimoto, N. Nagaosa, M. Kawasaki, Y. Takahashi, and Y. Tokura "Experimental signature of the parity anomaly in a semi-magnetic topological insulator", *Nat. Phys.* 18, 390 (2022).
- Y. Okazaki, T. Oe, M. Kawamura, R. Yoshimi, S. Nakamura, S. Takada, M. Mogi, K. S. Takahashi, A. Tsukazaki, M. Kawasaki, Y. Tokura, and N. -H. Kaneko "Quantum anomalous Hall effect with a permanent magnet defines a quantum resistance standard", *Nat. Phys.* 18, 25 (2022).

トポロジカル物性理論研究チーム

Topological Phenomena Theory Research Team



村上 修一 博士（理学）・チームディレクター
shuichi.murakami@riken.jp

研究分野

物理学／材料科学

キーワード

トポロジカル絶縁体、スピントロニクス、トポロジカル半金属

略 歴

- 1995 東京大学大学院工学系研究科物理学専攻 助手
- 1999 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 博士学位取得
- 1999 スタンフォード大学物理学科 客員研究員（兼任）
- 2007 東京工業大学大学院理工学研究科物性物理学専攻 准教授
- 2007 科学技術振興機構 さきがけ研究員（兼任）
- 2012 東京工業大学大学院理工学研究科物性物理学専攻 教授
- 2016 東京工業大学元素戦略研究センター 教授
- 2024 東京科学大学理学院物理学系 教授（大学合併による大学名称変更）
- 2024 広島大学持続可能性に寄与するキラルノット超物質拠点特任教授（現職）
- 2025 東京科学大学大学院工学系研究科物理学専攻 教授（現職）
- 2025 理化学研究所創発物性科学研究センター量子情報エレクトロニクス部門 トポロジカル物性理論研究チーム チームリーダー（現職）

チーム紹介・概要



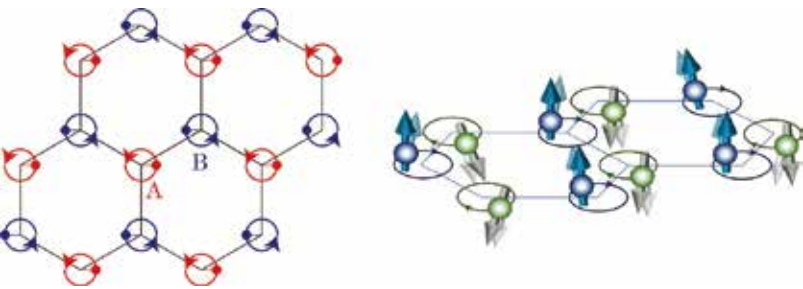
当チームでは、物質中の電子や準粒子、メタマテリアル中の波動などについて、トポロジカルな構造に着目し創発物性現象の理論研究を行っている。研究手法は主に模型を用いた解析的手法であり、量子系から古典系まで多様な系での物性現象を俯瞰的に眺めながら、普遍的な法則や現象を見出す。具体的な物質に即した研究から、物性理論の枠組みを構築する研究、数理解理的な研究まで幅広く研究を行っている。具体的には、トポロジカル相、カイラルフォノン、電気磁気多極子、非エルミート系、メタマテリアル等での古典的波動に関するトポロジーと幾何学的位相などについて、基礎理論の構築と新規物性探索に取り組んでいる。

主要メンバー

（客員研究員）鈴木 裕太
（研修生）吉田 拓暉、和田 英賢、栗田 稜麻

カイラルフォノンによる創発物性の理論

フォノンとは結晶中の原子の振動を量子化したものであるが、物質によってはこのフォノンは回転運動を伴う。このようなフォノンはカイラルフォノンなどと呼ばれる。例えば、テルルのようなキラな結晶構造を持つ系では、フォノンはカイラルフォノンとなっており、角運動量を伴う。我々は、こうしたフォノンの角運動量に関連する新しい現象を理論的に研究している。例えば我々は、対称性の低い結晶においては、結晶に温度勾配を作るとカイラルフォノンを誘起することを理論的に提案した。さらに我々は、フォノンの角運動量が電子スピンと同じ対称性を持つことに着目し、電子系でのカイラルフォノンがスピン磁化を引き起こすことを理論的に示した。この現象は、カイラルフォノンによる電子状態の動的変調によって引き起こされ、その変調が幾何学的位相（ベリー位相）を獲得しスピン偏極を誘起する。さらに、強磁性体や反強磁性体などの局在スピン系においては、カイラルフォノンがマグノン励起の変化を引き起こすことを発見した。これらのことは、カイラルフォノンが電子やマグノンの有効磁場として機能することを示している。



カイラルフォノンによるスピン磁化誘起

主要論文

1. T. Jungwirth, J. Sinova, R. M. Fernandes, Q. Liu, H. Watanabe, S. Murakami, S. Nakatsuji, L. Šmejkal, "Symmetry, microscopy and spectroscopy signatures of altermagnetism", *Nature* 649, 837 (2026).
2. T. Zhang, S. Murakami, H. Miao, "Weyl phonons: the connection of topology and chirality", *Nat. Commun.* 16, 3560 (2025).
3. Y. Suzuki, S. Murakami, "Disorder-Induced Slow Relaxation of Phonon Polarization", *Phys. Rev. Lett.* 135, 046301 (2025)
4. Y. Tanaka, T. Zhang, M. Uwaha, S. Murakami, "Anomalous Crystal Shapes of Topological Crystalline Insulators" *Phys. Rev. Lett.* 129, 046802 (2022).
5. K. Yokomizo and S. Murakami, "Non-Bloch Band Theory of Non-Hermitian Systems", *Phys. Rev. Lett.* 123, 066404 (2019).

量子物質創成研究チーム

Quantum materials innovation research team



塚崎 敦 博士（理学）・チームディレクター
atsushi.tsukazaki@riken.jp

研究分野

材料科学

キーワード

薄膜・界面、界面電子構造、トポロジカル量子物質、量子輸送現象、量子デバイス

略 歴

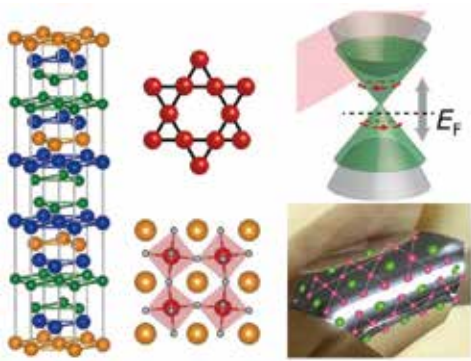
- 2005 東北大学大学院理学研究科化学専攻 博士課程修了
- 2005 東北大学金属材料研究所 博士研究員
- 2006 東北大学金属材料研究所 日本学術振興会特別研究員 (PD)
- 2007 東北大学金属材料研究所 助教
- 2010 東京大学大学院工学系研究科附属量子相エレクトロニクス研究センター 特任講師
- 2012 東京科学大学新領域創成科学研究科物質系専攻 准教授
- 2013 東北大学金属材料研究所 教授
- 2024 東京大学大学院工学系研究科附属量子相エレクトロニクス研究センター 物理学専攻 教授（現職）
- 2026 理化学研究所 創発物性科学研究センター 量子物質創成研究チーム チームディレクター（現職）

チーム紹介・概要

当チームでは、量子物質群の薄膜と積層界面に注目して物性研究を行っている。具体的には、トポロジカルな電子状態を有する物質群の薄膜化技術の確立と薄膜ならではの特異な物性の評価に取り組んでいる。薄膜技術を駆使することで、特筆すべき物性をもたらす新規量子物質を効果的に探索するとともに、物性の起源解明と機能開拓に取り組む。さらに、物性の制御を介した機能創出の実証研究へと展開して、低消費電力デバイスの創成を目指す。

量子物質の特徴的電子構造を活用する機能デバイスの創成

計算と合成の技術発展によって、物質の理解と新規デバイスの開発が急速に進んでいる。例えばトポロジカル物質群は、従来の半導体や金属とは異なる電子状態を持っており、その特徴的な電子構造に由来して新たな興味深い物性を発現する。こうした量子物質には多くの候補物質があるため、いかに効率的に物質を見出して合成とデバイス実証を進めるかが重要である。基礎物性の観点から量子物質の探索を進めつつ、各種の汎用機器の消費電力低減に向けて、それらの物性を活用する機能デバイスの創成を目指す。



多様な結晶構造を有する量子物質の探索と電子状態制御を通して素子開発を進める

主要論文

1. M. Osada, C. Terakura, A. Kikkawa, M. Nakajima, H.-Y. Chen, Y. Nomura, Y. Tokura, and A. Tsukazaki "Strain-tuning for superconductivity in $\text{La}_3\text{Ni}_2\text{O}_7$ thin films", *Communication Physics*, 8, 251 (2025).
2. S. Noguchi, K. Fujiwara, Y. Yanagi, M. Suzuki, T. Hirai, T. Seki, K. Uchida, and A. Tsukazaki, "Bipolarity of large anomalous Nernst effect in Weyl magnet-based alloy films", *Nature Physics*, 20, 254 (2024).
3. K. Fujiwara, Y. Kato, H. Abe, S. Noguchi, J. Shiogai, Y. Niwa, H. Kumigashira, Y. Motome, and A. Tsukazaki, "Berry curvature contributions of kagome lattice fragments in amorphous Fe-Sn thin films", *Nature Communications*, 14, 3399 (2023).
4. J. Shiogai, K. Fujiwara, T. Nojima, and A. Tsukazaki, "Three-dimensional sensing of the magnetic-field vector by a compact planar-type Hall device", *Communications Materials*, 2, 102 (2021).
5. J. Ikeda, K. Fujiwara, J. Shiogai, T. Seki, K. Nomura, K. Takanashi, and A. Tsukazaki, "Two-dimensionality of metallic surface conduction in $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$ thin films", *Communications Physics*, 4, 117 (2021).

半導体技術支援チーム

Semiconductor Science Research Support Team



松倉 文礼 博士（理学）・チームディレクター
fumihiro.matsukura@riken.jp

研究分野

物理学／材料科学

キーワード

微細加工、試料評価、利用者教育

略 歴

- 2012 東北大学原子分子材料科学高等研究所 教授
- 2018 東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター 教授
- 2023 理化学研究所創発物性科学研究センター 半導体技術支援チーム チームリーダー（現職）
2025/4/1 よりチームディレクターに職名変更

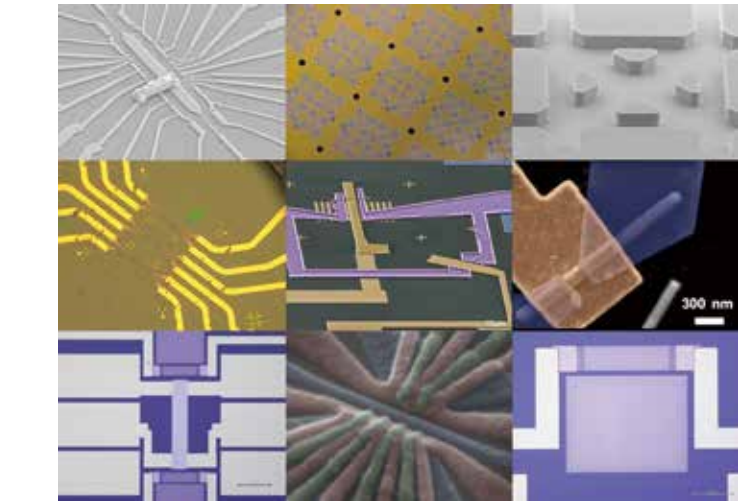
チーム紹介・概要



ナノサイエンス実験棟はナノメートルスケールの加工・観察、超精密測定・超微細信号の観測を進める拠点として設置された。施設にはISOクラス5のクリーンルーム、ケミカルルーム、振動や電磁波などの外部擾乱に対処した実験室が整備され、クリーンルームには微細加工に必要な数多くの装置が設置されている。当チームはデバイスの作製・評価、利用者の教育、設備と装置の維持・環境整備などを通して研究活動支援を行っている。

主要メンバー

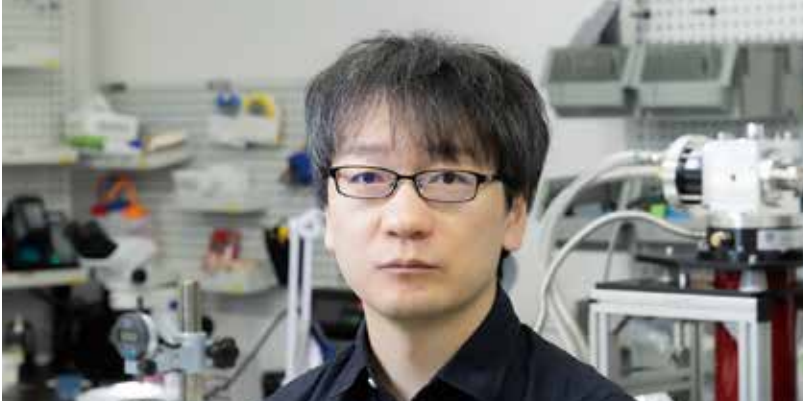
（テクスタ I）中臣 礼子，田口 佳男，小山 英明（専任技師）山口 智弘



クリーンルーム内で作製された素子の顕微鏡写真

創発量子スピントロニクス研究ユニット

Emergent Quantum Spintronics Research Unit



横内 智行 博士（工学）・ユニットリーダー
tomoyuki.yokouchi@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

キーワード

スピントロニクス、人工知能、磁気スキルミオン、スピンダイナミクス、スピンホール効果

略 歴

- 2018 東京大学大学院 工学系研究科物理工学専攻 博士課程修了
- 2018 理化学研究所 創発物性科学研究センター 基礎科学特別研究員
- 2020 東京大学大学院 総合文化研究科広域科学専攻 助教
- 2023 理化学研究所 創発物性科学研究センター 統合物性科学研究プログラム 創発量子スピントロニクス研究ユニット ユニットリーダー（現職）

ユニット紹介・概要



当ユニットでは、電子のもつ電荷とスピンの両方の性質の利用を目指すスピントロニクスにおいて、量子性や創発性に関連する現象を理解し、その学理を構築することを目指す。具体的には、微細加工技術を駆使することで、様々な磁性体において創発する新しい量子スピントロニクス機能や量子伝導機能の開拓と機構解明に取り組む。さらに、トポロジカル磁気構造の古典及び量子ダイナミクスに着目することで、物理リザーバー計算をはじめとする、創発計算技術の学理構築にも取り組む。

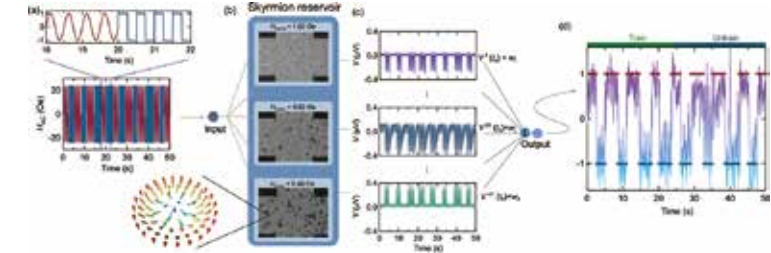
主要メンバー

（基礎特研）福田 光
（特別研究員）HWANG Yunyoung

スキルミオンを使った物理リザーバー計算

近年、脳の情報処理方法を参考にした機械学習である人工知能（AI）が急速に発展し、社会や産業で革新的な技術やサービスが登場している。一方、AI を従来型の演算素子で実行する際の大きな消費電力への対策は喫緊の課題となっている。そこで、より高性能で省エネルギーな人工知能の実現を目指して、素子レベルで脳のふるまいを参考に「脳型素子」の研究が重要になっている。

我々は、スキルミオンと呼ばれるトポロジカルな磁気構造を、脳型計算の一種である「物理リザーバー計算」に用いることができることを明らかにした。具体的には、まず磁場誘起のスキルミオンダイナミクスが物理リザーバー計算に要求される性質を満たしていることを明らかにした。そして、スキルミオン物理リザーバー素子を作成し、いくつかのベンチマークテストを実施することで、スキルミオン形成が物理リザーバー計算の性能向上に重要である可能性を明らかにした。今回の発見により、スキルミオンを用いることで、脳型素子の性能向上や省エネルギー化につながる可能性が明らかになり、脳型素子研究に新たな展開をもたらすことが期待される。



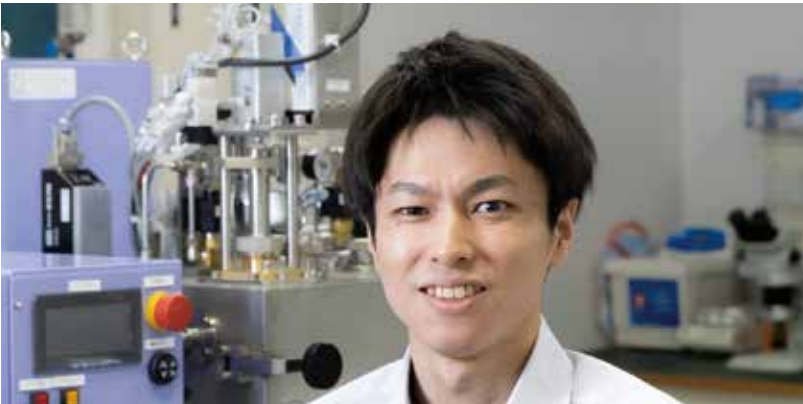
スキルミオン物理リザーバーのベンチマークテストの概念図。(a) 入力信号の波形。ベンチマークテストとして、サイン波と矩形波の組み合わせを入力し、入力がサイン波なら1を矩形波なら-1を出力する問題を実行した。(b) スキルミオン物理リザーバー素子の概念図。スキルミオン物理リザーバー素子は、十字型の素子を並列で接続することで構築した。(c) それぞれの十字型の素子からの出力波形。(d) スキルミオン物理リザーバー計算機からの最終出力。赤と青の横線が正解の出力を示す。

主要論文

- T. Yokouchi, Y. Ikeda, T. Morimoto, and Y. Shiomi, "Giant Magnetochiral Anisotropy in Weyl-semimetal WTe2 Induced by Diverging Berry Curvature" *Phys. Rev. Lett.* 130, 136301 (2023).
- T. Yokouchi, S. Sugimoto, B. Rana, S. Seki, N. Ogawa, Y. Shiomi, S. Kasai, and Y. Otani "Pattern recognition with neuromorphic computing using magnetic-field induced dynamics of skyrmions" *Sci. Adv.* 8, abq5652 (2022).
- T. Yokouchi, F. Kagawa, M. Hirschberger, Y. Otani, N. Nagaosa, and Y. Tokura "Emergent electromagnetic induction in a helical-spin magnet" *Nature* 586, 232 (2020).
- T. Yokouchi, F. Kagawa, M. Hirschberger, Y. Otani, N. Nagaosa, and Y. Tokura "Creation of magnetic skyrmions by surface acoustic waves" *Nat. Nanotechnol.* 15, 361 (2020).
- T. Yokouchi, S. Hoshino, N. Kanazawa, A. Kikkawa, D. Morikawa, K. Shibata, T. Arima, Y. Taguchi, F. Kagawa, N. Nagaosa, Y. Tokura, "Current-induced dynamics of skyrmion strings" *Sci. Adv.* 4, eaat1115 (2018).

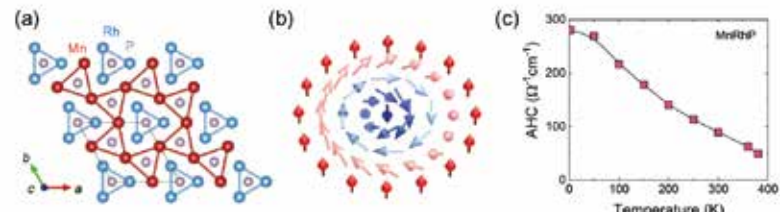
創発機能磁性材料研究ユニット

Emergent Functional Magnetic Materials Research Unit



室温スキルミオンと巨大異常ホール効果を併せ持つ カゴメ格子磁性体の開拓

カゴメ格子を有する磁性体は、その幾何学的構造に起因して多彩なトポロジカル物性を示すことから、近年大きな注目を集めている。しかし、室温以上でトポロジカル物性を発現する物質はこれまで限られていた。我々は、歪んだカゴメ格子を有する室温磁性体 MnRhP の単結晶を初めて合成し、磁気構造および電気輸送特性を多角的に調べた。その結果、本物質が室温以上で磁気スキルミオンを形成するとともに、巨大な異常ホール効果を示すことを見出した。さらに第一原理計算により、この異常ホール効果が、ノードラインと呼ばれるトポロジカルなバンド構造に起因するベリー曲率に由来することを明らかにした。本研究により、MnRhP は実空間および運動量空間の両方においてトポロジカルな性質を併せ持つ、極めて稀なカゴメ格子磁性体であることが示された。



(a) MnRhP の結晶構造の模式図。(b) 磁気スキルミオンのスピン構造の模式図。(c) MnRhP における異常ホール伝導度 (AHC) の温度依存性。

主要論文

1. K. Karube, M.-C. Jiang, L. Keller, J. S. White, Y. L. Chiew, X. Z. Yu, G.-Y. Guo, R. Arita, Y. Tokura, and Y. Taguchi, "Room-Temperature Magnetic Skyrmions and Intrinsic Anomalous Hall Effect in a Nodal-Line Kagomé Ferromagnet MnRhP", *Adv. Sci.*, e21734 (2026).
2. K. Karube, Y. Ōnuki, T. Nakajima, H.-Y. Chen, H. Ishizuka, M. Kimata, T. Ohhara, K. Munakata, T. Nomoto, R. Arita, T. Arima, Y. Tokura, and Y. Taguchi, "Giant Hall effect in a highly conductive frustrated magnet GdCu₂", *npj Quantum Mater.*, 10, 55 (2025).
3. J. S. White, V. Ukleev, L. Yu, Y. Tokura, Y. Taguchi, and K. Karube, "Anisotropy-Dependent Decay of Room Temperature Metastable Skyrmions and a Nascent Double-q Spin Texture in Co₂Zn₀Mn₃", *Adv. Mater.*, 37, 2501146 (2025).
4. K. Karube, L. C. Peng, J. Masell, M. Hemmida, H.-A. Krug von Nidda, I. Kézsmárki, X. Z. Yu, Y. Tokura, and Y. Taguchi, "Doping Control of Magnetic Anisotropy for Stable Antiskyrmion Formation in Schreibersite (Fe,Ni)₃P with S₆ symmetry", *Adv. Mater.*, 34, 2108770 (2022).
5. K. Karube, L. C. Peng, J. Masell, X. Z. Yu, F. Kagawa, Y. Tokura, and Y. Taguchi, "Room-temperature antiskyrmions and sawtooth surface textures in a non-centrosymmetric magnet with S₆ symmetry", *Nat. Mater.*, 20, 335 (2021).

軽部 皓介 博士 (理学)・ユニットリーダー
kosuke.karube@riken.jp

研究分野

材料科学／物理学／工学

キーワード

強相関電子系、磁性、トポロジカル物質

略 歴

- 2015 京都大学理学研究科 博士課程修了
- 2015 理化学研究所 創発物性科学研究センター 強相関物質研究グループ 特別研究員
- 2019 理化学研究所 創発物性科学研究センター 強相関物質研究グループ 研究員
- 2023 理化学研究所 創発物性科学研究センター 強相関物質研究グループ 上級研究員
- 2023 理化学研究所 創発物性科学研究センター 統合物性科学研究プログラム 創発機能磁性材料研究ユニット ユニットリーダー (現職)

ユニット紹介・概要



当ユニットは、物質合成を軸として、トポロジカル機能や高性能磁気機能を持つ磁性材料の新規開拓を行う。具体的には、単結晶育成や非平衡合成法を用いて、金属間化合物や合金などの物質開拓を行い、磁気測定、電気輸送測定、走査型プローブ顕微鏡、中性子散乱など様々な測定手法により、その磁気構造やトポロジカル物性・機能を明らかにする。

主要メンバー

(特別研究員) Nikola Subotic

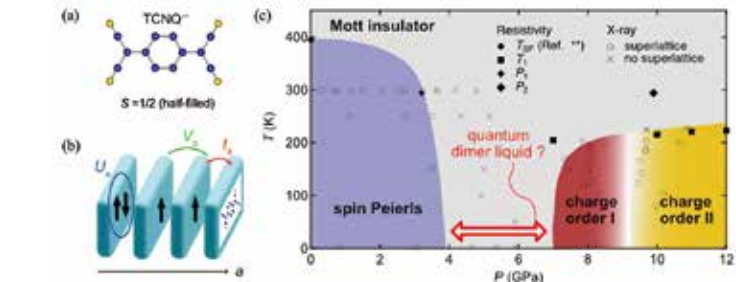
極限量子固体物性理研 ECL 研究ユニット

Extreme Quantum Matter Physics RIKEN ECL Research Unit



強相関電子系の超高压制御

強相関電子系では、電子間相互作用の強さから従来のバンド描像が崩れ、モット絶縁体や高温超伝導など多彩な電子相が現れるが、こうした系の相互作用を自在に制御できれば、新たな量子相や機能の創出が期待できる。私たちは、半充填の擬一次元モット絶縁体 K-TCNQ に超高压を印加し、スピンバイエルス転移を示すモット絶縁体から電荷秩序への相転移を観測した。この振る舞いは一次元拡張ハバード模型とも合致するものであるが、実験的な観測例は今回が初めてである。さらに最低温でも二量体ゆらぎが残る、「量子二量体液体」とでも呼ぶべき新奇な基底状態を発見した。これらの成果は、ダイヤモンドアンビルセルを用いた超高压下での電気抵抗測定や放射光 X 線回折、光学測定、第一原理計算との共同研究から得られたものである。今後も多角的な実験と理論を組み合わせ、強相関電子系が秘める未知の量子相を探索したい。



(a)TCNQ 分子の模式図。(b) TCNQ の一次元鎖の模式図。オンサイト (Ua)、サイト間 (Va) クーロン相互作用とトランスファー積分 (ta) を模式的に表している。(c) K-TCNQ の温度圧力相図。スピンバイエルス相が圧力によって抑制されたあと、二つの異なる電荷秩序相が見られた。また両者の間には二量体揺らぎが最低温まで残る領域 (quantum dimer liquid) が現れる。

主要論文

1. H. Matsuoka*, Y. Fujishiro*, S. Minami, T. Koretsune, T. Ueda, N. Kanazawa, R. Arita, Y. Tokura, Y. Iwasa, "Electron-doped magnetic Weyl semimetal Co₃Sn₂S₂ by bulk-gating", *Physical Review Materials* 9, 064406 (2025) (*equal contributions)
2. M. Gen, Y. Fujishiro, K. Okigami, S. Hayami, M. T. Birch, K. Adachi, D. Hashizume, T. Kurumaji, H. Sagayama, H. Nakao, Y. Tokura, T. Arima, "Incommensurate broken helix induced by nonstoichiometry in the axion insulator candidate Euln₂As₂", *Phys. Rev. B* 111, L081109 (2025)
3. Y. Fujishiro, C. Terakura, A. Miyake, N. Kanazawa, K. Nakazawa, N. Ogawa, H. Kadobayashi, S. Kawaguchi, T. Kagayama, M. Tokunaga, Y. Kato, Y. Motome, K. Shimizu, and Y. Tokura "Pressure-induced quantum melting of chiral spin order and subsequent transition to a degenerate semiconductor state in FeGe", *Phys. Rev. B* 110, L220401 (2024). *Editors' Suggestion
4. D. Singh, Y. Fujishiro, S. Hayami, S. Mooday, T. Nomoto, P. R. Baral, V. Ukleev, R. Cubitt, N.-J. Steinke, D. J. Gawryluk, E. Pomjakushina, Y. Onuki, R. Arita, Y. Tokura, N. Kanazawa, and J. S. White "Transition between distinct hybrid skyrmion textures through their hexagonal-to-square crystal transformation in a polar magnet", *Nat. Commun.* 14, 8050 (2023).
5. Y. Fujishiro, N. Kanazawa, R. Kurihara, H. Ishizuka, T. Hori, F. S. Yasin, X. Z. Yu, A. Tsukazaki, M. Ichikawa, M. Kawasaki, N. Nagaosa, and Y. Tokura "Giant anomalous Hall effect from spin-chirality scattering in a chiral magnet", *Nat. Commun.* 12, 317 (2021).

藤代 有絵子 博士 (工学)・理研 ECL 研究ユニットリーダー
yukako.fujishiro@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

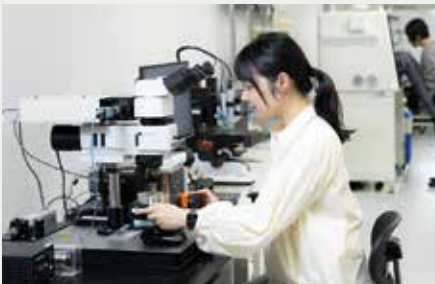
キーワード

磁性トポロジカル物質、強相関電子系、電荷輸送現象、超高压、インターカレーション

略 歴

- 2021 東京大学工学系研究科物理工学専攻 博士課程修了
- 2021 理化学研究所 創発物性科学研究センター 強相関物質研究グループ 基礎科学特別研究員
- 2024 理化学研究所 創発物性科学研究センター 統合物性科学研究プログラム 極限量子固体物性理研 ECL 研究ユニット 理研 ECL 研究ユニットリーダー (現職)
- 2024 理化学研究所 開拓研究本部 藤代極限量子固体物性理研 ECL 研究ユニット 理研 ECL 研究ユニットリーダー
- 2025 理化学研究所 開拓研究所 藤代極限量子固体物性理研 ECL 研究ユニット 理研 ECL 研究ユニットリーダー (現職)
- 2026 東京大学 工学系研究科 総合研究機構 / 物理学専攻 准教授 (現職)

ユニット紹介・概要



当ユニットでは、「極限」環境に焦点を当て、磁性トポロジカル物質や強相関電子系の創発現象に関する基礎学理の構築を行う。具体的には、収束イオンビーム (FIB) 法による量子物質単結晶の微細加工技術を駆使することで、数十ギガパスカル級の超高压下での精密な磁気輸送特性の測定、高密度電流を利用した磁気構造ダイナミクスの探索、そしてナノスケール物質におけるイオン液体を用いたキャリア数のゲート電圧制御などを可能にする。これらの技術を駆使して、新たな量子相の開拓と量子伝導機能の解明に挑戦する。

主要メンバー

(特別研究員) 吉持 遙人

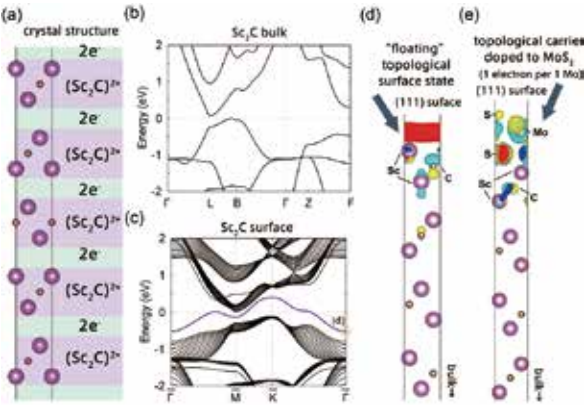
トポロジカル材料設計研究ユニット

Topological Materials Design Research Unit



トポロジカル物質の新たな舞台としての電子化物

当ユニットでは、トポロジカル物質の新たな物質系の 1 つとして電子化物を提案した。電子化物とは、結晶中の空隙に電子 e^- が入り込み、アニオンとして構造の安定化を担っている物質群で、小さな仕事関数を持つことから触媒等の分野で研究が進んでいる。例えば、層状物質 Sc_2C (図 (a)) では、層と層の間の空隙に電子が入り込み、図 (b) のようにバンド絶縁性を示す。この $[\text{Sc}_2\text{C}]^{2-}2e^-$ の電荷密度はアニオン電子 $2e^-$ のために Sc_2C 層から大きくずれた層間の位置に広がっており、量子化された巨大な分極を有する幾何学的に非自明な系となっている。バルクのトポロジーを反映し、 Sc_2C 表面では幾何学的に保護された金属状態が出現する (図 (c))。表面の金属状態は空隙起源のため、 Sc_2C 表面の上に宙に浮かんで出現する (図 (d))。この原子に局在していない電子雲は小さな仕事関数を持つため、 Sc_2C を基板として用いることで、表面載せた物質に対して高密度の電子ドーピングを行うことが可能になる。例えば MoS_2 に対しては Mo 1 サイトあたり 1 電子のドーピングが可能となる (図 (e))。相対論的な量子相を含め、当ユニットでは様々なトポロジカル電子化物を発見しており、科学分野を横断したトポロジカル物性の開拓が期待される。



(a) トポロジカル電子化物 $[\text{Sc}_2\text{C}]^{2-}2e^-$ の結晶構造, (b) Sc_2C のバンド構造, (c) Sc_2C (111) 表面のバンド構造, (d) 宙に浮かんだトポロジカル表面状態, (e) MoS_2 に注入されたトポロジカル電荷

主要論文

1. M. Sato, J. Bouaziz, S. Sumita, S. Kobayashi, I. Tateishi, S. Blügel, A. Furusaki, and M. Hirayama, "Ideal Spin-Orbit-Free Dirac Semimetal and Diverse Topological Transitions in Y_3CoIn_3 Family", *Commun. Mater.* 5 253 (2024).
2. M. Hirayama, T. Nomoto, and R. Arita, "Topological band inversion and chiral Majorana mode in hcp thallium", *J. Phys.: Condens. Matter* 36 275502, (2024).
3. T. Yu, R. Arita, and M. Hirayama, "Interstitial-Electron-Induced Topological Molecular Crystals", *Adv. Phys. Res.* 2200041 (2023).
4. T. Tsuda, M. Sheng, H. Ishikawa, S. Yamazoe, J. Yamasaki, M. Hirayama, S. Yamaguchi, T. Mizugaki and T. Mitsudome, "Iron phosphide nanocrystals as an air-stable heterogeneous catalyst for liquid-phase nitrile hydrogenation", *Nat. Commun.* 14, 5959 (2023).
5. I. Tateishi and M. Hirayama, "Quantum spin Hall effect from multi-scale band inversion in twisted bilayer $\text{Bi}_2(\text{Te}_{1-x}\text{Se}_x)_3$ ", *Phys. Rev. Research* 4, 043045 (2022).

平山 元昭 博士 (工学)・ユニットリーダー
motoaki.hirayama@riken.jp

研究分野

物理学／化学／材料科学

キーワード

第一原理計算、理論物質設計、トポロジカル物質、マヨラナフェルミオン・パラフェルミオン、スピン - 軌道相互作用

略 歴

- 2013 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 博士課程修了
- 2013 産業技術総合研究所 ナノシステム研究部門 相关材料シミュレーショングループ 特別研究員
- 2015 東京工業大学 大学院理工学研究科 物性物理学専攻 特任助教
- 2017 理化学研究所 創発物性科学研究センター 計算物質科学研究チーム 研究員
- 2020 同 統合物性科学研究プログラム トポロジカル材料設計研究ユニット ユニットリーダー (現職)
- 2020 東京大学大学院工学系研究科附属量子相エレクトロニクス研究センター 特任准教授

ユニット紹介・概要

当ユニットでは、現実物質に即した数値計算手法である第一原理計算を用いて、新奇物質とその物性の開拓を行う。特に電子のバンド構造における幾何学的性質に着目し、非自明な物性を発現するトポロジカル物質の探索に焦点を当て、その特異な電子状態の生む物性や応用を検討する。電子系としては超伝導状態なども対象とし、量子計算を見据えたマヨラナフェルミオンの創発を提案する。また、相関効果を第一原理的に取り扱う手法を開発し、強相関電子系や磁性材料系を含めた幅広い電子系の物質デザインを行う。当ユニットではさらに、電子化物などの化学・材料分野の物質も対象に含め、広い科学領域に跨る材料設計を行う。

強相関量子相理研 ECL 研究ユニット

Strong Correlation Quantum Phase RIKEN ECL Research Unit



金属における超伝導・新規量子相の理論研究

金属は、温度や圧力、純度によって様々な異なった状態を呈する。中でも興味深いのが、超伝導状態である。超伝導状態の起源として、電子が 2 つずつペアを組むという機構が現在の物理学の理解である。一方で、なぜ互いにクーロン反発する電子がペアを組めるのか、完全に解明されてはいない。特に、電子間の斥力が非常に大きな物質では、同じ場所同士の電子がペアを形成 (s 波と呼ばれる) するのが非常に困難であると予想されてきた。一方で近年、電子同士の斥力が大きくその有効質量が元の 1000 倍ほどにもなる重い電子系や、強相関物質においても、同じ場所でのペア形成が見られることが分かってきた。なぜこのようなペアが作られるのか、その鍵は電子の持つ多自由度 (スピン・軌道・層・副格子) であると考えられ、現在様々な超伝導体の理論解明が進められている途上である。また、これらの多自由度は、超伝導以外にも、電荷非一様状態や、磁性、遍歴ループ電流やボンド型秩序などのユニークな量子相の起源とも関連すると考えている。本ユニットでは、このような電子の多自由度や多体問題の研究を通して、電子の生み出す新たな可能性の発見を目指す。

主要論文

1. Rina Tazai, Youichi Yamakawa, Hiroshi Kontani, "Drastic magnetic-field-induced chiral current order and emergent current-bond-field interplay in kagome metals", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 121, e2303476121 (2024) .
2. Rina Tazai, Youichi Yamakawa, Hiroshi Kontani, "Charge-loop current order and Z_3 nematicity mediated by bond-order fluctuations in kagome metal AV_3Sb_5 ($A=\text{Cs}, \text{Rb}, \text{K}$)", *Nat. Commun.*, 14, 7845 (2023).
3. Rina Tazai, Youichi Yamakawa, Seichiro Onari, Hiroshi Kontani, "Mechanism of exotic density-wave and beyond-Migdal unconventional superconductivity in kagome metal AV_3Sb_5 ($A = \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$)", *Science Advances*, 8, eabl4108 (2022).
4. Rina Tazai, Youichi Yamakawa, Hiroshi Kontani, "Emergence of charge loop current in the geometrically frustrated Hubbard model: A functional renormalization group study", *Phys. Rev. B* 103, L161112 (2021).
5. Rina Tazai, Hiroshi Kontani, "Fully gapped s-wave superconductivity enhanced by magnetic criticality in heavy fermion system", *Phys. Rev. B* 98, 205107 (2018).

田財 里奈 理学博士・理研 ECL 研究ユニットリーダー
rina.tazai@riken.jp

研究分野

物理学

キーワード

磁性、超伝導、強相関電子系、量子相関、量子輸送現象

略 歴

- 2020 名古屋大学大学院 理学研究科 博士課程修了
- 2020 名古屋大学大学院 理学研究科 特任助教
- 2022 京都大学 基礎物理学研究所 助教
- 2026 理化学研究所 創発物性科学研究センター 強相関量子相理研ECL研究ユニット ユニットリーダー (現職)

ユニット紹介・概要

当ユニットでは、固体物質 (超伝導・磁性体など) における多体電子系の理論研究を推進する。物性物理学はこれまで、理論と実験が互いに協働して新しい現象・法則を見出してきた。近年では、実験手法の高精度化、理論的な計算法の高速化がますます進み、これまで分からなかった事実が見いだされ、目覚ましい発展を遂げている。当ユニットでは、個々の電子のミクロな特徴を記述する理論モデルを出発点に、新しい電子状態や量子相転移・輸送現象などを提案し、理論と実験の橋渡しとなる研究を推進していくことを目標にしている。

低次元量子相研究ユニット

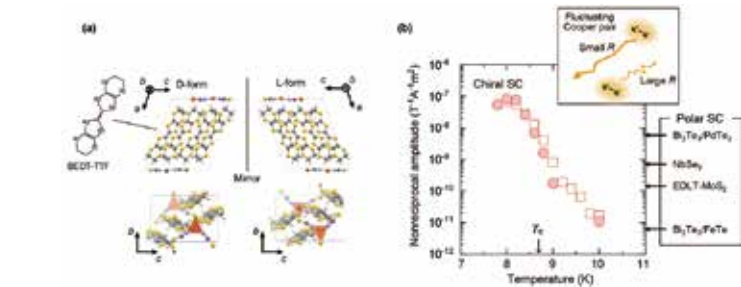
Low-Dimensional Quantum Phases Research Unit



キラリティによって誘起された巨大非相反超伝導

らせん構造に代表されるキラルな対称性は、空間反転対称性が破れた構造の典型例である。近年、キラル有機分子中を電子が通過する際、有機系固有の小さなスピン軌道相互作用では説明できないほどの、巨大なスピン偏極が誘起されることが相次いで報告されている。この現象はキラル誘起スピン選択性（Chirality-induced spin selectivity: CISS）と呼ばれ、キラル構造に本質的に内在する電子とスピンの非自明な結合機構が関与していると考えられている。しかし、分子という微小な系ではその電子-スピン結合を定量的に評価することは困難であり、CISS 研究における重要な未解決課題とされてきた。

そこで我々は、キラルな対称性を有する低次元有機超伝導体に着目し、スピン軌道相互作用と密接に関連するバルク応答として非相反伝導の検証を行った。その結果、超伝導状態において、理論予測を数桁上回る巨大な非相反伝導を観測することに成功した。特筆すべき点は、非相反伝導の発現に不可欠とされるスピン軌道相互作用が極めて小さい有機物質中において、このような巨大応答が実現したことにある。これにより、キラリティによって電子とスピンの間に実効的に強い結合が誘起され、それがバルク物性に関与していることが明らかとなった。



(a) キラルな有機超伝導 κ -(BEDT-TTF)₂Cu(NCS)₂ の結晶構造と (b) 超伝導相で観測された非相反伝導パラメータの温度依存性。軽い構成要素から成る有機物質中にも関わらず、重い元素を含む無機系ポーラー超伝導における非相反伝導パラメータをも超える、巨大な非相反信号が観測された。

主要論文

1. T. Sato, H. Goto, and H. M. Yamamoto, "Sturdy spin-momentum locking in a chiral organic superconductor", *Phys. Rev. Research* 7, 023056 (2025).
2. H. Aizawa, T. Sato, S. Maki-Yonekura, K. Yonekura, K. Takaba, T. Hamaguchi, T. Minato, and H. M. Yamamoto, "Enantioselectivity of discretized helical supramolecule consisting of achiral cobalt phthalocyanines via chiral-induced spin selectivity effect" *Nat. Commun.* 14, 4530 (2023).
3. T. Sato, W. Koshibae, A. Kikkawa, T. Yokouchi, H. Oike, Y. Taguchi, N. Nagaosa, Y. Tokura, and F. Kagawa, "Slow steady flow of a skyrmion lattice in a confined geometry probed by narrow-band resistance noise" *Phys. Rev. B* 100, 094410 (2019).
4. T. Sato, K. Kitai, K. Miyagawa, M. Tamura, A. Ueda, H. Mori, and K. Kanoda, "Strange metal from a frustration-driven charge order instability" *Nat. Mater.* 18, 229 (2019).
5. T. Sato, K. Miyagawa, and K. Kanoda, "Electronic crystal growth" *Science* 357, 1378 (2017).

佐藤 拓朗 博士（工学）・ユニットリーダー
takuro.sato@riken.jp

研究分野

物理学／工学

キーワード

キラリティ、強相関電子系、2 次元物質、 π 電子系化合物

略 歴

- 2017 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 博士課程修了
- 2017 理化学研究所 創発物性科学研究センター 特別研究員
- 2021 分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 助教
- 2023 科学技術振興機構 さきがけ研究者（現職）
- 2025 科学技術振興機構 ERATO山本量子キラル変換プロジェクト グループリーダー（現職）
- 2026 理化学研究所 創発物性科学研究センター 統合物性科学研究プログラム 低次元量子相研究ユニット ユニットリーダー（現職）
- 2026 東京大学大学院工学系研究科附属量子相エレクトロニクス研究センター 准教授（現職）

ユニット紹介・概要

有機分子性導体や二次元物質に代表される低次元系は、強い電子間相互作用のもとで、強相関、磁性、トポロジに基づく多彩な量子相発現の舞台となる。当ユニットでは、これら低次元系が有する高い制御性に着目し、空間反転対称性および時間反転対称性の破れを戦略的に組み込んだ新規デバイスの構築を行う。ボトムアップ的な対称性制御手法に加え、外場による動的な対称性変調を組み合わせることで、対称性の破れと結合した創発量子相の開拓を目指す。さらに、低次元・低対称性のもとで顕在化する非線形・非平衡応答にまで探索領域を広げ、創発量子相に固有な機能性の発現にも挑戦する。

創発界面機能研究ユニット

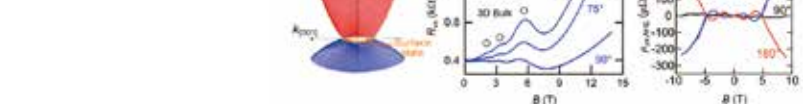
Emergent Interface Functionality Research Unit



高移動度ディラック半金属薄膜における量子輸送現象の開拓

電子の波動関数が幾何学的に非自明な位相構造を持つトポロジカル物質は、散逸の少ない表面伝導や特異なホール応答などの新奇な輸送現象を生み、基礎物理と応用の両面で大きな注目を集めている。特に、三次元系で質量ゼロのディラック電子を有するトポロジカル半金属は高移動度かつ堅牢なトポロジカル特性を活かした量子輸送研究の理想的プラットフォームと言える。

我々は非磁性トポロジカル半金属（ディラック半金属）の代表物質 Cd_3As_2 について、高品質薄膜化に成功し、膜厚・キャリア濃度・界面などの制御を通して、二次元表面状態による量子ホール効果など、トポロジカル半金属特有の量子輸送現象を開拓してきた。さらに、自発磁化を持たない非磁性体では実験的定量が困難であった異常ホール応答について、薄膜試料面内に印加された磁場に対するホール応答に着目し、結晶の対称性と合わせて解析することで、非磁性体での外部磁場誘起の異常ホール成分の定量的な観測に成功した。



高移動度ディラック半金属薄膜において観測された輸送現象の例。 Cd_3As_2 の (a) 結晶構造および (b) バンド構造の模式図。(c) 面直磁場下で観測された二次元表面状態による量子ホール効果（上）、および磁場を面内電流方向に傾けた場合にも残る三次元バルク状態由来の量子振動成分（下）。(d) (112) 面内において対称性の条件を満たす特定の方位に面内磁場を印加した場合に観測された磁場誘起の異常ホール効果。

主要論文

1. S. Nishihaya, Y. Matsuki, H. Kaminakamura, Y. Murakami, H. Ishizuka, and M. Uchida "Spontaneous in-plane anomalous Hall response observed in a ferromagnetic oxide", *Adv. Mater.*, 37, e02624 (2025) .
2. S. Nishihaya, H. Ishizuka, Y. Deguchi, A. Nakamura, T. Yoneda, H. Lee, M. Kriener, and M. Uchida "Anomalous Hall effect in the Dirac semimetal Cd_3As_2 probed by in-plane magnetic field", *Phys. Rev. Lett.* 135, 106603 (2025).
3. S. Nishihaya, M. J. A. Jardine, H. S. Inbar, A. Goswami, J. T. Dong, A. N. Engel, Y.-H. Chang, C. P. Dempsey, M. Hashimoto, D. Lu, N. Marom, and C. J. Palmstrom "Near-half-metallic state in the half Heusler PtMnSb film on a III-V substrate", *Phys. Rev. Mater.* 9, 044403 (2025).
4. S. Nishihaya, M. Uchida, Y. Nakazawa, M. Kriener, Y. Taguchi, and M. Kawasaki "Intrinsic coupling between spatially-separated surface Fermi-arcs in Weyl orbit quantum Hall states", *Nat. Commun.* 12, 2572 (2021).
5. S. Nishihaya, M. Uchida, Y. Nakazawa, M. Kriener, Y. Kozuka, Y. Taguchi, and M. Kawasaki "Gate-tuned quantum Hall states in Dirac semimetal $(\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x)_3\text{As}_2$ ", *Sci. Adv.* 4, eaar5668 (2018).

西早 辰一 博士（工学）・ユニットリーダー
shinichi.nishihaya@riken.jp

研究分野

物理学／工学／材料科学

キーワード

薄膜・界面、トポロジカル物質、量子輸送現象、非自明ホール効果、微細加工

略 歴

- 2020 東京大学大学院工学系研究科 物理工学専攻 博士後期課程修了
- 2020 カリフォルニア大学サンタバーバラ校 日本学術振興会海外特別研究員
- 2022 東京工業大学 理学院物理学系 助教
- 2024 東京科学大学 理学院物理学系 助教
- 2026 理化学研究所 統合物性科学研究プログラム 創発界面機能研究ユニット ユニットリーダー（現職）
- 2026 東京大学大学院工学系研究科附属量子相エレクトロニクス研究センター 講師（現職）

ユニット紹介・概要

当ユニットでは、様々な物質から作製した人工的な積層構造やナノ構造での量子物性探索とその学理構築を行う。具体的には、ワイル・ディラック半金属、トポロジカル絶縁体、化合物半導体などの高移動度材料を主な対象とし、エピタキシャル技術によって作製する薄膜試料および基板から剥離したメンブレン試料において、ヘテロ界面構造や空間的に非一様な局所構造を実現する。多様な長さスケールでの構造設計に加えて、精密な電気測定や局所的なプローブ手法を駆使し、均質な構造や平坦な結晶面では現れない新規量子相や輸送機能の開拓に挑戦する。

異常光起電力	創発デバイス研究グループ（岩佐）	22
異常ホール効果	トポロジカルエレクトロニクス研究チーム(川村)	35
位相差顕微鏡法	電子状態マイクロスコピー研究チーム（于）	18
異方性	創発生体関連ソフトマター研究チーム（石田）	23
イメージング	強相関量子構造研究グループ（有馬）	9
インターカレーション	極限量子固体物性理研 ECL 研究ユニット（藤代）	41
液晶・高分子	ソフトマター物性研究チーム（荒岡）	27
X線結晶構造解析	物質評価支援チーム（橋爪）	29
X線散乱	強相関量子構造研究グループ（有馬）	9
エネルギー変換	創発ソフトマター機能研究グループ（相田）	20
	創発スピントロニクス研究チーム（齊藤）	34

階層性	創発生体関連ソフトマター研究チーム（石田）	23
界面電子	強相関理論研究グループ（永長）	7
界面電子構造	強相関量子伝導研究チーム（十倉）	13
	量子物質創成研究チーム（塚崎）	37
化学分析	物質評価支援チーム（橋爪）	29
環境低負荷材料	創発ソフトマター機能研究グループ（相田）	20
機械学習物理	創発スピントロニクス研究チーム（齊藤）	34
強相関電子系	強相関物性研究グループ（十倉）	6
	強相関物質研究グループ（田口）	10
	創発光物性研究グループ（小川）	12
	強相関量子伝導研究チーム（十倉）	13
	計算量子物性研究チーム（柚木）	15
	計算物質科学研究チーム（有田）	16
	電子状態スペクトロスコピー研究チーム（石坂）	17
	動的創発物性研究チーム（賀川）	19
	創発機能磁性材料研究ユニット（軽部）	40
	極限量子固体物性理研 ECL研究ユニット(藤代)	41
	強相関量子相理研 ECL 研究ユニット（田財）	43
	低次元量子相研究ユニット（佐藤）	46
極性	創発生体関連ソフトマター研究チーム（石田）	23
キラリティ	低次元量子相研究ユニット（佐藤）	46
計算物性物理学	計算量子物性研究チーム（柚木）	15
高温超伝導体	強相関量子伝導研究チーム（十倉）	13
合成化学	創発分子機能研究グループ（瀧宮）	21
	創発分子エレクトロニクス研究チーム（渡邊）	28
	分子性物質創製研究ユニット（秋山）	44
構造物性	強相関量子構造研究グループ（有馬）	9
構造有機化学	分子性物質創製研究ユニット（秋山）	44

光電子分光	電子状態スペクトロスコピー研究チーム（石坂）	17
光電変換材料	創発ソフトマター機能研究グループ（相田）	20
光電流分光	創発光物性研究グループ（小川）	12
高分解能電子顕微鏡法	電子状態マイクロスコピー研究チーム（于）	18
高分子合成	創発機能高分子研究チーム（但馬）	25
	分子性物質創製研究ユニット（秋山）	44
コロイド量子ドット	創発超分子材料研究チーム（夫）	26

三次元磁気構造イメージング	電子状態マイクロスコピー研究チーム（于）	18
磁気スキルミオン	創発量子スピントロニクス研究ユニット（横内）	39
刺激応答材料	創発ソフトマター機能研究グループ（相田）	20
自己組織化	創発ソフトマター機能研究グループ（相田）	20
	創発機能高分子研究チーム（但馬）	25
磁性	計算量子物性研究チーム（柚木）	15
	創発機能磁性材料研究ユニット（軽部）	40
	強相関量子相理研 ECL 研究ユニット（田財）	43
磁性トポロジカル物質	極限量子固体物性理研 ECL研究ユニット(藤代)	41
シフトカレント	強相関理論研究グループ（永長）	7
磁壁	スピン物性理論研究チーム（多々良）	32
状態間遷移	創発超分子材料研究チーム（夫）	26
自律性	創発生体関連ソフトマター研究チーム（石田）	23
試料評価	半導体技術支援チーム（松倉）	38
人工知能	創発量子スピントロニクス研究ユニット（横内）	39
スキルミオン	強相関物性研究グループ（十倉）	6
	強相関物質研究グループ（田口）	10
スピン・軌道相互作用	強相関物性研究グループ（十倉）	6
	強相関量子伝導研究チーム（十倉）	13
	スピン物性理論研究チーム（多々良）	32
	トポロジカル材料設計研究ユニット（平山）	42
スピンダイナミクス	創発量子スピントロニクス研究ユニット（横内）	39
スピントロニクス	スピン物性理論研究チーム（多々良）	32
	創発スピントロニクス研究チーム（齊藤）	34
	トポロジカル物性理論研究チーム（村上）	36
	創発量子スピントロニクス研究ユニット（横内）	39
	創発機能設計研究ユニット（奥村）	45
スピンホール効果	強相関理論研究グループ（永長）	7
	創発量子スピントロニクス研究ユニット（横内）	39
スピン流	スピン物性理論研究チーム（多々良）	32
スペクトロスコピー	動的創発物性研究チーム（賀川）	19
生体模倣	創発ソフトマター機能研究グループ（相田）	20
	創発生体関連ソフトマター研究チーム（石田）	23

走査型トンネル顕微鏡	創発物性計測研究チーム（花栗）	14
走査型プローブ顕微鏡	動的創発物性研究チーム（賀川）	19
相制御	動的創発物性研究チーム（賀川）	19
創発電磁気学	強相関理論研究グループ（永長）	7
	創発機能設計研究ユニット（奥村）	45
ソフトマター物性測定	ソフトマター物性研究チーム（荒岡）	27
ソフトマテリアル	創発ソフトマター機能研究グループ（相田）	20
	創発生体関連ソフトマター研究チーム（石田）	23

第一原理計算	計算物質科学研究チーム（有田）	16
	トポロジカル材料設計研究ユニット（平山）	42
単一電子制御	量子電子デバイス研究チーム（山本）	33
中性子散乱	強相関量子構造研究グループ（有馬）	9
超高压	極限量子固体物性理研 ECL研究ユニット(藤代)	41
超高速 / 広帯域分光	創発光物性研究グループ（小川）	12
超高速時間分解電子顕微鏡	電子状態スペクトロスコピー研究チーム（石坂）	17
超伝導	強相関理論研究グループ（永長）	7
	強相関物質研究グループ（田口）	10
	創発物性計測研究チーム（花栗）	14
	計算量子物性研究チーム（柚木）	15
	電子状態スペクトロスコピー研究チーム（石坂）	17
	創発デバイス研究グループ（岩佐）	22
	強相関量子相理研 ECL 研究ユニット（田財）	43
電荷輸送現象	極限量子固体物性理研 ECL研究ユニット(藤代)	41
電気磁気効果	強相関理論研究グループ（永長）	7
電子機能材料	創発ソフトマター機能研究グループ（相田）	20
電子顕微鏡	物質評価支援チーム（橋爪）	29
電子状態	電子状態マイクロスコピー研究チーム（于）	18
電子線回折	強相関量子構造研究グループ（有馬）	9
電子相関	量子物性理論研究グループ（古崎）	11
トポロジカルエレクトロニクス	強相関界面研究グループ（川崎）	8
トポロジカル磁性	創発機能磁性材料研究ユニット（軽部）	40
トポロジカル絶縁体	強相関物性研究グループ（十倉）	6
	量子物性理論研究グループ（古崎）	11
	強相関量子伝導研究チーム（十倉）	13
	創発物性計測研究チーム（花栗）	14
	トポロジカルエレクトロニクス研究チーム(川村)	35
	トポロジカル物性理論研究チーム（村上）	36
トポロジカル超伝導	量子物性理論研究グループ（古崎）	11
トポロジカル半金属	トポロジカル物性理論研究チーム（村上）	36

トポロジカル物質	強相関界面研究グループ（川崎）	8
	電子状態スペクトロスコピー研究チーム（石坂）	17
	創発デバイス研究グループ（岩佐）	22
	トポロジカル材料設計研究ユニット（平山）	42
	創発機能設計研究ユニット（奥村）	45
	創発界面機能研究ユニット（西早）	47
トポロジカル粒子	量子機能システム研究グループ（樽茶）	30
トポロジカル量子物質	量子物質創成研究チーム（塚崎）	37

ナノ構造制御	創発機能高分子研究チーム（但馬）	25
ナノチューブ	創発デバイス研究グループ（岩佐）	22
ナノデバイス	創発分子エレクトロニクス研究チーム（渡邊）	28
	量子電子デバイス研究チーム（山本）	33
2 次元電子系	量子電子デバイス研究チーム（山本）	33
2 次元物質	創発デバイス研究グループ（岩佐）	22
	低次元量子相研究ユニット（佐藤）	46
熱電効果	強相関物質研究グループ（田口）	10
	創発デバイス研究グループ（岩佐）	22

π 電子系化合物	創発分子機能研究グループ（瀧宮）	21
	創発分子エレクトロニクス研究チーム（渡邊）	28
	低次元量子相研究ユニット（佐藤）	46
薄膜・界面	強相関界面研究グループ（川崎）	8
	トポロジカルエレクトロニクス研究チーム(川村)	35
	量子物質創成研究チーム（塚崎）	37
	創発界面機能研究ユニット（西早）	47
半導体ナノ粒子	創発超分子材料研究チーム（夫）	26
光スピントロニクス	創発光物性研究グループ（小川）	12
光物性	ソフトマター物性研究チーム（荒岡）	27
	創発機能設計研究ユニット（奥村）	45
微細加工	半導体技術支援チーム（松倉）	38
	創発界面機能研究ユニット（西早）	47
非自明光電効果	強相関界面研究グループ（川崎）	8
非自明ホール効果	強相関界面研究グループ（川崎）	8
	創発界面機能研究ユニット（西早）	47
非相反効果	強相関理論研究グループ（永長）	7
非相反輸送現象	創発デバイス研究グループ（岩佐）	22
非平衡開放量子系	量子凝縮体研究チーム（上田）	31
フッ素化合物	分子性物質創製研究ユニット（秋山）	44
フラストレート磁性体	量子物性理論研究グループ（古崎）	11

分子設計	創発ソフトマター機能研究グループ（相田）	20
分析電子顕微鏡法	電子状態マイクロコピー研究チーム（于）	18
ベリー位相物理	強相関物性研究グループ（十倉）	6
ボース・アインシュタイン凝縮	量子凝縮体研究チーム（上田）	31

マヨラナフェルミオン・パラフェルミオン	トポロジカル材料設計研究ユニット（平山）	42
マルチフェロイクス	強相関物性研究グループ（十倉）	6
	強相関物質研究グループ（田口）	10
メタマテリアル	スピン物性理論研究チーム（多々良）	32
モノポール	スピン物性理論研究チーム（多々良）	32

有機エレクトロニクス	創発ソフトシステム研究チーム（染谷）	24
	創発機能高分子研究チーム（但馬）	25
	創発分子エレクトロニクス研究チーム（渡邊）	28
有機強誘電体	ソフトマター物性研究チーム（荒岡）	27
有機センサ	創発ソフトシステム研究チーム（染谷）	24
有機電界効果トランジスタ	創発分子機能研究グループ（瀧宮）	21
	創発ソフトシステム研究チーム（染谷）	24
有機熱電材料	創発分子機能研究グループ（瀧宮）	21
有機薄膜太陽電池	創発分子機能研究グループ（瀧宮）	21
	創発ソフトシステム研究チーム（染谷）	24
	創発機能高分子研究チーム（但馬）	25
有機発光デバイス	創発ソフトシステム研究チーム（染谷）	24
有機半導体	創発分子機能研究グループ（瀧宮）	21
	創発超分子材料研究チーム（夫）	26
	創発分子エレクトロニクス研究チーム（渡邊）	28
有機非線形光学	ソフトマター物性研究チーム（荒岡）	27

量子コヒーレンス	量子機能システム研究グループ（樽茶）	30
	量子電子デバイス研究チーム（山本）	33
量子情報処理	創発スピントロニクス研究チーム（齊藤）	34
量子情報デバイス	量子機能システム研究グループ（樽茶）	30
量子相関	量子電子デバイス研究チーム（山本）	33
	強相関量子相理研 ECL 研究ユニット（田財）	43
量子デバイス	創発スピントロニクス研究チーム（齊藤）	34
	量子物質創成研究チーム（塚崎）	37
量子熱力学	量子凝縮体研究チーム（上田）	31
量子物質	創発光物性研究グループ（小川）	12

量子もつれ	量子機能システム研究グループ（樽茶）	30
利用者教育	半導体技術支援チーム（松倉）	38
量子輸送現象	トポロジカルエレクトロニクス研究チーム（川村）	35
	量子物質創成研究チーム（塚崎）	37
	強相関量子相理研 ECL 研究ユニット（田財）	43
	創発界面機能研究ユニット（西早）	47
理論物質設計	計算物質科学研究チーム（有田）	16
	トポロジカル材料設計研究ユニット（平山）	42
	創発機能設計研究ユニット（奥村）	45
励起状態	創発超分子材料研究チーム（夫）	26
冷却原子	量子凝縮体研究チーム（上田）	31
ローレンツ顕微鏡法	電子状態マイクロコピー研究チーム（于）	18