

物性研だより

BUSSEIKEN DAYORI

第66巻

第1号

2026年度

海洋細菌の新たな光エネルギー獲得戦略
—ロドプシンの集光アンテナと光サイクル加速色素の発見—

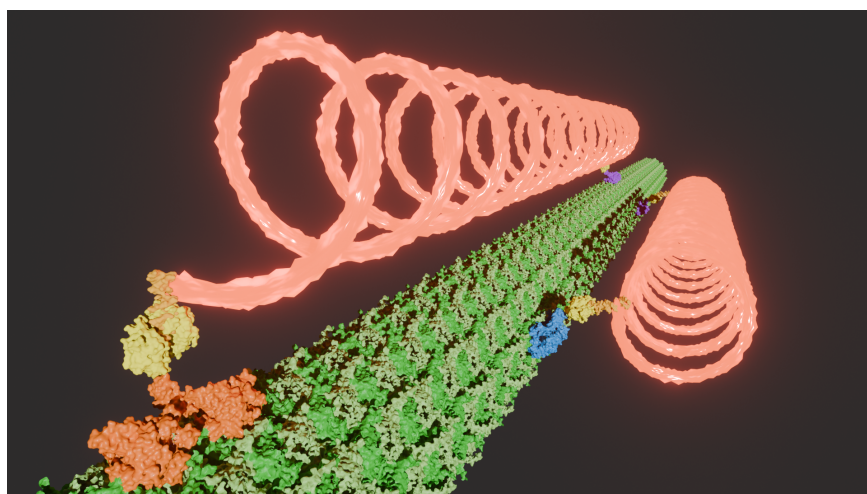
ナノスプリングで測る神経疾患タンパク質の力学異常
—分子の力を可視化する新技術—

世界初の紫外光応答イオンチャネルを発見
—光遺伝学への応用に期待—

分子振動によるスピン偏極がキラル分子の
エネンチオマー選択性を誘起する

多様な元素置換が可能な異方的三角格子反強磁性体を開発
—「複合アニオン化合物」で磁性の次元化の謎に迫る—

カゴメ金属における特異なホール効果の起源を探る
—高移動度キャリアが支配する電子輸送現象—



東京大学 物性研究所

THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS
THE UNIVERSITY OF TOKYO

Copyright ©2026 Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo. All rights Reserved.

ISSN 0385-9843

contents

- 1 海洋細菌の新たな光エネルギー獲得戦略
—ロドプシンの集光アンテナと光サイクル加速色素の発見— 井上 圭一
- 4 ナノスプリングで測る神経疾患タンパク質の力学異常
—分子の力を可視化する新技術— 高松 宣道、林 久美子
- 7 世界初の紫外光応答イオンチャネルを発見
—光遺伝学への応用に期待— 實本 俊輝、永田 崇、井上 圭一
- 10 分子振動によるスピン偏極がキラル分子のエネンチオマー選択性を誘起する
三輪 真嗣、坂本 祥哉、志賀 雅亘、高 偉光、永田 崇、井上 圭一、山本 竜也、野崎 隆行、木村 健太、山本 浩史、大戸 達彦、竹延 大志
- 12 多様な元素置換が可能なる異方的三角格子反強磁性体を開発
—「複合アニオン化合物」で磁性の一次化の謎に迫る— 巖 正輝、小濱 芳允、平井 大悟郎、廣井 善二
- 14 カゴメ金属における特異なホール効果の起源を探る
—高移動度キャリアが支配する電子輸送現象— 吉見 一慶、橋本 顕一郎
- 17 日本生物物理学会学生発表賞を受賞して 山本 哲也
- 18 日本表面真空学会誌賞を受賞して 松田 巖
- 20 日本物理学会学生優秀発表賞(領域3)を受賞して 佐藤 哲也
- 21 エヌエフ基金研究開発奨励賞を受賞して 田中 未羽子
- 22 日本中性子科学会ポスター賞を受賞して 大澤 優太
- 23 Winning the student presentation award at the 2025 JPS March meeting
Junhyeok Jeong
- 24 物性研に着任して 島崎 佑也
- 26 佐藤 卓
- 28 令和7年度 物性研究所一般公開の報告

【物性研究所短期研究会】

- 32 ○物性研究所ソフトウェア開発・高度化プロジェクト研究会
～計算物質科学の発展を支えるオープンソースソフトウェアの開発と普及
- 35 ○「高圧強磁場下複合極限科学の最前線」

【ISSP ワークショップ】

- 39 ○先端的分光計測・化学イメージングが描き出す、次世代化学研究
- 41 ○「Quantum Transport Frontiers of Mesoscopic Physics」の報告
- 43 ○Spintronics Future Prospects
- 45 ○ISSP Women's Week 2025 研究交流会

48 【物性研究所談話会】

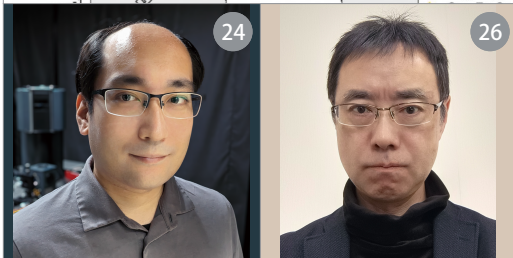
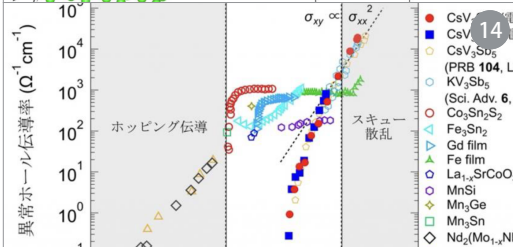
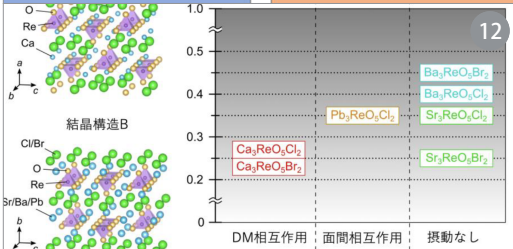
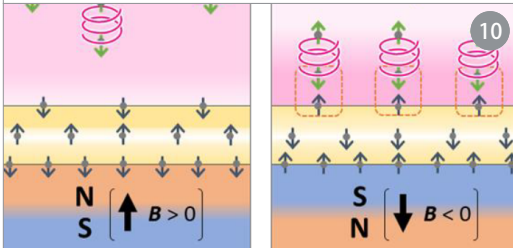
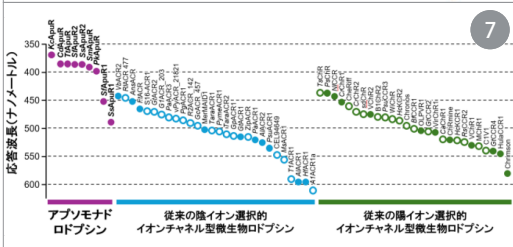
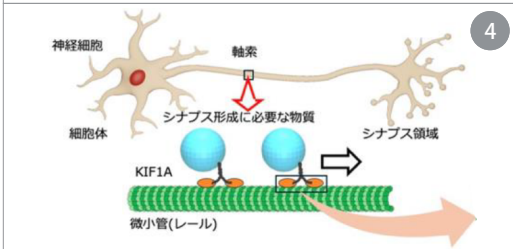
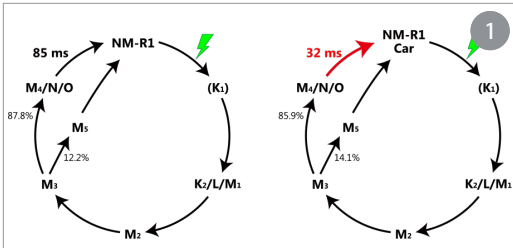
49 【物性研究所セミナー】

【物性研ニュース】

- 62 ○東京大学物性研究所人事異動一覧
- 63 ○東京大学物性研究所教員公募について

編集後記

物性研だよりの購読について



海洋細菌の新たな光エネルギー獲得戦略

—ロドプシンの集光アンテナと光サイクル加速色素の発見—

物性研究所・機能物性研究グループ 井上 圭一

研究概要

今回我々は、ロドプシン(注 1)の新たな光利用効率化システムを報告しました。

近年、植物などの光合成生物とは異なり、ロドプシンという光受容タンパク質を用いて光エネルギーを化学エネルギーに変換する微生物が数多く存在することが分かってきました。本研究グループは、海洋に最も多く存在するロドプシン(プロテオロドプシン)が、光の利用効率を高める2つの仕組み—「集光アンテナ」と「光サイクル(注 2)加速色素」—を備えることを発見しました。また、塩化物イオンを輸送するロドプシンにも集光アンテナが存在することを突き止め、これらのロドプシン-カロテノイド複合体の立体構造を初めて明らかにしました。

以上のことから、ロドプシンの光利用効率化システムが細菌の光環境適応を助け、より深層でも光を受容できる可能性を示しました。

研究の内容

海洋では植物プランクトンやシアノバクテリアなどの光合成生物だけが、太陽光エネルギーを利用できると長らく考えられてきました。ところが 2000 年、光合成とは異なる仕組みで光エネルギーを利用する「ロドプシン」を用いた光エネルギー受容機構が発見されました。ロドプシンは膜タンパク質と色素の一種であるレチナールから構成されており、レチナールが光を受容すると、水素イオンや塩化物イオン、ナトリウムイオンなどを輸送する光駆動型イオンポンプとして機能します。現在では、海洋表層に生息する細菌の半数以上がロドプシン遺伝子を保有し、特定の海域ではロドプシンは光合成に匹敵するほどの光エネルギーを受容していると試算されています。

2023 年、海洋細菌(*Tenacibaculum* sp. SG-28)を用いた実験から、海洋環境に最も広く分布するロドプシンであるプロテオロドプシン(Proteorhodopsin, PR)がレチナールだけでなくカロテノイドとも結合することを発見しました。このカロテノイドは、自身が受容した光エネルギーをレチナールに渡すことで、PR を駆動させる集光アンテナとして機能します。この働きにより、PR の利用できる光

の波長域が拡大し、光利用効率が大幅に向上することが示されました。このようなロドプシンの光利用効率化システムは、海洋細菌の生残にとって有利に働くことが予想されますが、これまで知られていたのは「集光アンテナ」という仕組みだけでした。

本研究では、次の2点の検証を行いました：「1.PR 以外のロドプシンも集光アンテナを持つのか?」「2.ロドプシンには集光アンテナ以外にも光利用効率を高める仕組みが存在するのか?」。海洋地球観測船「みらい」による研究航海(MR10-01)で、表層海水から分離された海洋細菌(*Nonlabens marinus* S1-08^T)株(図 1)を対象とし、PR 遺伝子(NM-R1)、および塩化物イオン輸送ロドプシン遺伝子(NM-R3)を大腸菌に異種発現(注 3)させ、タンパク質を精製しました。このタンパク質に、S1-08^T 株から抽出したカロテノイドを添加し再精製した結果、いずれのロドプシンもカロテノイドと結合することが確認されました。さらに詳細な分光・構造解析から、NM-R3 と結合したカロテノイドが集光アンテナとして機能すること、そして他の集光アンテナとは異なり縦向きに結合することが明らかになりました(図 2)。



図 1 : 海洋細菌(*Nonlabens marinus* S1-08^T)のイメージ図

研究開発機構超先鋭研究開発部門超先鋭研究開発プログラム・長谷川 万純ポストドクトラル研究員(兼務：変動海洋エコシステム高等研究所・ポストドクトラル研究員)、海洋機能利用部門生命理工学センター深海バイオリソース研究グループ・西村 陽介研究員、生産開発科学研究所・眞岡 孝至理事・室長、東京農業大学・高市 真一元教授との共同研究として行われました。

掲載論文： Takayoshi Fujiwara[†], Toshiaki Hosaka[†], Masumi Hasegawa-Takano, Yosuke Nishimura, Kento Tominaga, Kaho Mori, Satoshi Nishino, Yuno Takahashi, Tomomi Uchikubo-Kamo, Kazuharu Hanada, Takashi Maoka, Shinichi Takaichi, Keiichi Inoue*, Mikako Shirouzu*, Susumu Yoshizawa* (†共筆頭著者、*責任著者) “Carotenoids bind rhodopsins and act as photocycle-accelerating pigments in marine *Bacteroidota*” (2025) *Nature Microbiology*, **10** 10, pp 2603-2615.

(注 1) ロドプシン

7 回膜貫通構造を持つ光受容タンパク質であり、発色団としてレチナールと共有結合している。脊椎動物ではロドプシンは視覚を担うが、ロドプシン遺伝子は細菌、古細菌、一部の真核微生物、さらに巨大ウイルスにも広く分布し、イオン輸送や光センシングなど多様な機能を担う。

(注 2) 光サイクル

ロドプシンが光を受容すると、レチナールの異性化を起点として一連の中間体を經由しながら基底状態へと戻る。この一連の反応を光サイクルと呼び、サイクル一回転毎にイオンを一つ輸送する。

(注 3) 異種発現

目的とする遺伝子の DNA を他の宿主生物に導入し、その発現産物であるタンパク質を生産させる手法。特に大腸菌や酵母などを用いた発現系は、タンパク質の機能解析や構造解析に広く用いられる。

(注 4) 単粒子構造解析

クライオ電子顕微鏡 (cryo-EM) により取得した多数の生体分子の画像を統計的に解析・再構成することで、高分解能の三次元構造を決定する手法。試料の結晶化が不要なため、膜タンパク質など従来困難であった対象にも応用可能である。

(注 5) 有光層

太陽光が海中に届く範囲の層で、光合成を行う植物プランクトンなどの主要な生息域である。有光層ではロドプシン遺伝子を保有する海洋細菌の存在量も高いが、有光層以深でのロドプシン遺伝子保有割合は減少する。



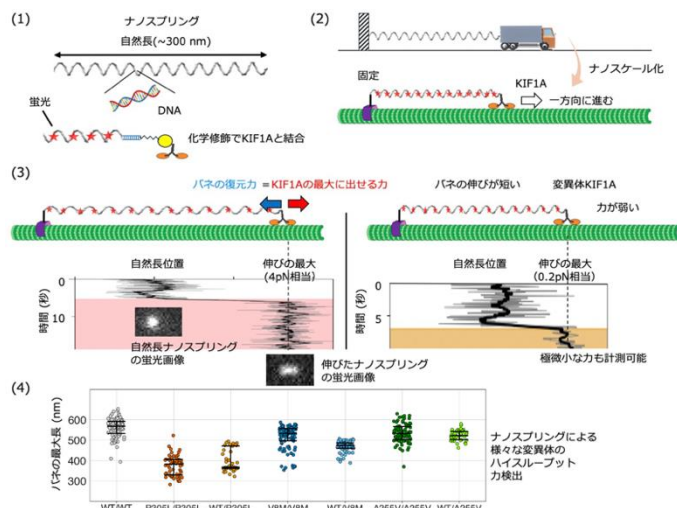


図 2 : ナノスプリングを用いた KIF1A の力計測

- (1) DNA を材料に作られたナノスプリングの形状。
- (2) 力学台車の力測定とのアナロジー。
- (3) KIF1A が前方に歩くことによって、バネが伸びる。KIF1A の出せる最大の力とバネの復元力が釣り合った位置で止まる。
- (4) ナノスプリングによるハイスループットな力検出。

本研究グループは、このナノスプリングを KIF1A 分子に結合させ、KIF1A が微小管上を移動する際にナノスプリングをどの程度伸ばすかを蛍光顕微鏡下で観察した。KIF1A が発生する力に応じてナノスプリングが伸びるため、その最大伸長量から最大発生力を求めることができる。これにより、大型の光学装置を用いず、単純な蛍光イメージング系のみだけで、KIF1A が発揮する力を測定する手法を確立した。この手法を用いて、正常な KIF1A 野生型と、KAND の原因となる複数の KIF1A 変異体について力の測定を行った。その結果、いずれの疾患関連変異体においても、野生型 KIF1A と比較して最大発生力が顕著に低下していることが明らかになった。さらに、その力の低下の程度が臨床的に知られている疾患の重症度と相関する可能性が示された。これは、KIF1A 変異による神経疾患の重症度が、分子レベルの力学異常として定量的に捉えられることを示す重要な結果である。

ナノスプリングを用いた本手法は、バネの伸縮を画像として読み取るだけでよいため、多数の分子を同時に測定できる高スループット性を有している。これにより従来法では困難であった多様な変異体の網羅的解析が可能となる。この特性は、将来的に多数の変異体の計測に加えて、薬剤添加時の力学的応答も網羅的に調べる応用にも直結する。

まとめと今後の展望

本研究では、DNA ナノ構造体であるナノスプリングを用

いて、神経疾患 KAND の原因となる KIF1A 変異体の力学異常を、1 分子レベルで可視化・定量することに成功した。本手法により、分子モーターの力と疾患重症度との関係を、実験的に明確に示すことができた。今後、ナノスプリングを用いた力測定をさらに発展させることで、多数の変異体や薬剤効果を体系的に調べた力学データベースの構築が期待される。これらのデータを AI に学習させることで、遺伝子変異から疾患重症度を予測するモデルの構築へとつながる可能性もある。さらに、ナノスプリングはその小ささゆえに、将来的には細胞内環境で機能する力センサーとして応用できる可能性を秘めている。細胞内の「力」をリアルタイムに読み取る技術は、神経疾患に限らず、さまざまな生命現象や疾患の理解に新しい物理的視点をもたらすと期待される。

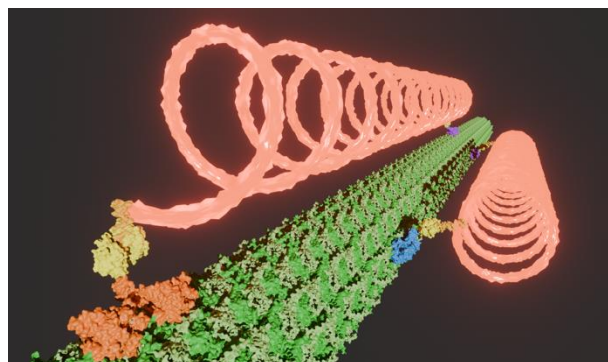


図 2: 微小管上でナノスプリングを伸ばす野生型(オレンジ色)と KAND 関連変異体(青色)

世界初の紫外光応答イオンチャネルを発見

—光遺伝学への応用に期待—

物性研究所・機能物性研究グループ 實本 俊輝、永田 崇、井上 圭一

研究概要

今回我々は、原生生物の一種であり、動物や菌類に近縁で、真核生物の進化の理解に重要とされるアプソモナド類から、紫外光に応答する新しいタイプのイオンチャネルタンパク質である「アプソモナドロドプシン」を発見しました。

本研究では、最近報告されたアプソモナド類のゲノム情報に着目し、光応答型の膜タンパク質である微生物ロドプシン(注 1)に分類されるタンパク質を 10 種以上発見し、アプソモナドロドプシンと名付けました(図 1)。そして、培養細胞を用いてタンパク質を発現し、分光学的および電気生理学的な実験手法によって研究を行うことで、これらアプソモナドロドプシンは光に応答してイオンを輸送する光開閉式のイオンチャネルであることが示されました。さらにそのうちのいくつかはエネルギーが高く波長の短い光である紫外線に応答する初めてのイオンチャネルであることが明らかとなりました。これらアプソモナドロドプシンは今後新たな生体分子ツールとして、神経研究に重要な光遺伝学などへの応用が期待されます。

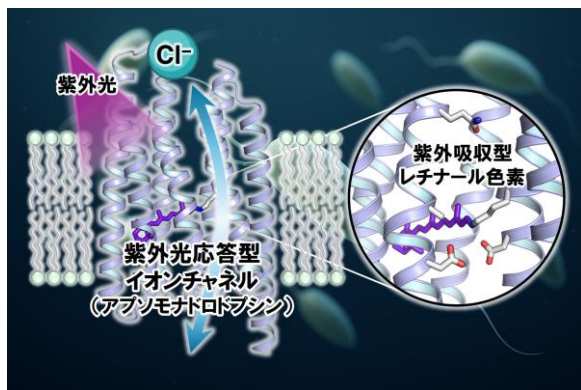


図 1：紫外光に応答して、イオンを輸送するアプソモナド類のロドプシン

研究の背景

微生物ロドプシンは、ビタミンAの類縁体であるレチナル色素(注 2)を使って太陽光を捉え、そのエネルギーを使って様々な機能を示す膜タンパク質のファミリーです。中でも、水素イオン(H⁺)を細胞外側に輸送し、細胞のエネ

ルギー通貨であるアデノシン三リン酸(ATP)の合成などを駆動する、H⁺ポンプ型や、様々なイオンを濃度や電氣的な勾配に沿って大量に輸送するイオンチャネル型の微生物ロドプシンが数多く調べられてきました。

一方、近年ではこれらイオン輸送型のロドプシンを動物の脳などの神経細胞に発現させ、光で神経の活動を制御する光遺伝学(オプトジェネティクス)と呼ばれる技術が、神経科学分野や、視覚再生医療、神経疾患医療の分野などで大きな注目を集めています。しかし、微生物ロドプシンは約 100 ナノメートルの幅広い範囲の光に応答することから、異なる波長の光を用いて複数のロドプシンを駆動し、それによって複雑な細胞活動の光操作を達成するのは困難でした。この目的のため可視光領域(400–700 ナノメートル)以外の波長に応答するロドプシンが必要とされていますが、そういった分子はこれまで知られていませんでした。

研究の内容と成果

この様な状況の中、本研究グループはグラナダ大学(スペイン)や、イスラエル工科大学(イスラエル)との国際共同研究により、原生動物のひとつである、アプソモナド類に着目しました。これまでアプソモナド類は、動物や菌類に近縁で、真核生物の進化の理解に重要な生物種として知られていましたが、これらが持つタンパク質についてはあまり研究が行われていませんでした。そして、本研究グループがアプソモナド類のゲノム情報を調べたところ、10 個以上の微生物ロドプシンが新たに見出され、アプソモナドロドプシンとして名付けられました。さらに、アプソモナドロドプシンでは、タンパク質の性質を決めるアミノ酸の配列が他の微生物型ロドプシンと大きく異なっており、これまでにない機能や物性を持つことが期待されました。

そこで本研究グループは、これらアプソモナドロドプシンの情報をコードした DNA を新たに合成し、それを用いてアプソモナドロドプシンのタンパク質を、実験室内において培養されたホ乳類の細胞内に発現させました。その結果、半分以上のアプソモナドロドプシンにおいて、タンパク質に結合したレチナル色素の吸収波長が可視光領域ではなく、より短波長の紫外光領域にあることが明らかとな

謝辞

本研究は、物性研究所・高橋 大翔氏(修士課程大学院生)、グラナダ大学・博 Luis Javier Galindo 博士、イスラエル工科大学・Oded Béjà 教授、Andrey Rozenberg 博士との共同研究として行われました。

掲載論文 : Luis Javier Galindo^{†,*}, Shunki Takaramoto[†], Takashi Nagata[†], Andrey Rozenberg[†], Hiroto Takahashi, Oded Béjà^{*}, Keiichi Inoue^{*} ([†]共筆頭著者、^{*}責任著者)
“Apusomonad Rhodopsins, a New Family of Ultraviolet to Blue Light Absorbing Rhodopsin Channels” (2025)
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), **122**, No. 42, Article number: e2510619122.

(注1) 微生物ロドプシン

7 回膜貫通型の光受容タンパク質であり、ビタミンAの類縁体であるレチナール色素と結合しています。これら微生物ロドプシンはレチナール色素を用いて太陽光を捉え、その光エネルギーを使って主に細胞内外への水素イオンを含むさまざまなイオンの輸送を行います。そして、微生物ロドプシンは細菌、古細菌(アーキア)、真核微生物のほか、巨大ウイルスにまで広く分布することが知られています。

(注2) レチナール色素

通常アミノ酸は可視領域に吸収を持たないため、アミノ酸で構成されるタンパク質もそれ単体では可視光を利用することができません。それに対してロドプシンはタンパク質内部に、体内の酵素反応でビタミンAから生じるレチナール色素と呼ばれる色素を結合しています。ロドプシンのタンパク質内部にあるレチナール色素が可視光を吸収するとその折れ曲がり構造が変化し、それを通じてタンパク質部分にも変化が起こり、さまざまな生理機能を発現することが可能になります。



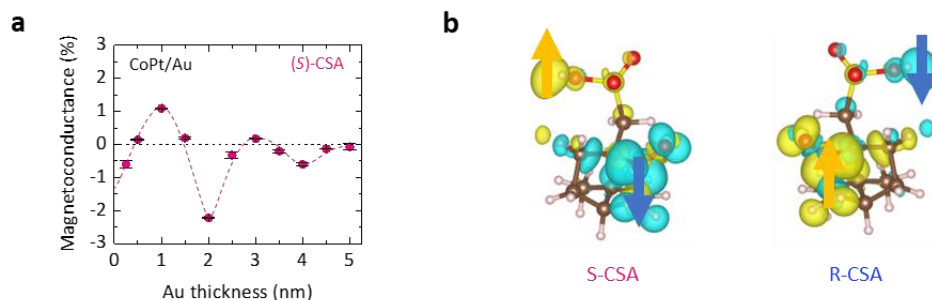


図 2 (a) 電流変化量の Au 膜厚依存性。(c) (S)-CSA および(R)-CSA において、分子振動により誘起されるスピン密度の計算結果。

さらに、電流変化の割合を Au 膜厚の関数として調べたところ、その大きさおよび符号が振動的に変化することが分かりました(図 2a)。この結果は、観測された現象がキラル分子と磁石との間にはたらく層間交換相互作用 [4] に起因することを示しています。ここで重要なのは、本研究において電流はキラル分子の濃度変化を検出するためにのみ用いられており、分子にスピン偏極を与える役割を果たしていない点です。一方で、キラリティは時間反転に対して偶(time-reversal even)であるため、キラルな構造そのものから時間反転に対して奇(time-reversal odd)であるスピン偏極を直接生み出すことはできないことが知られています。したがって、キラル分子と磁石が層間交換相互作用を示すためには、キラル分子が何らかの機構によって磁性を獲得している必要があります。そのため、電流を流さない条件下で、キラル分子がどのように磁気的性質を獲得するのかという機構の解明が、本研究における重要な課題でした。

通常、材料に磁場を印加すると、その磁場方向に沿ったスピン偏極が生じます。しかし、このスピンの向きは磁場の方向に依存するため、分子のキラリティとは無関係であり、CISS 現象を説明することはできません。本研究では、磁場中においてキラル分子が分子振動を起こすと、磁場の向きに依らず、キラリティのみに依存したスピン偏極が誘起されることを見出しました。第一原理計算による理論解析から、分子振動に伴い、キラル分子が図 2b に示すようなスピン密度を獲得することを確認しました。このスピン密度は、分子振動と電子-振動相互作用の結果として生じるものであるため、時間平均を取るとゼロとなります。一方で、分子振動に伴う角運動量が磁場と相互作用することで、磁場中では有限の値を持ち得ることが示唆されます。

本研究成果は、CISS 現象が層間交換相互作用によって生じることを、初めて実験的に証明したものです。さらに、CISS 現象の発現において分子振動が重要な役割を果たすことを明らかにしました。この機構は電流を必要としないため、化学反応や生体内過程など、身近で多様な環境において普遍的に起こる可能性があります。特に、これまでキラルな構造のみに着目して議論されてきた化学・生物学分野の諸現象に対し、スピンの物理が本質的な役割を担う可能性があります。今後、本成果を基盤として、化学や生命科学をはじめとする幅広い分野において、新たな研究展開や応用への発展が期待されます [5]。

本研究は、科学研究費助成事業基盤研究(S)「キラル分子スピントロニクスの研究(課題番号: 25H00414)」、学術変革領域研究(A)「キメラ準粒子の分子科学(課題番号: 24H02234)」等の支援により実施されました。

1. R. Naaman *et al.*, *Nat. Rev. Chem.* **3**, 250 (2019).
2. S-H. Yang *et al.*, *Nat. Rev. Phys.* **3**, 328 (2021).
3. T. S. Metzger *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **59**, 1653 (2020).
4. P. Grünberg *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **57**, 2442-2445 (1986).
5. S. Miwa *et al.*, *Sci. Adv.* **11**, eadv5220 (2025).

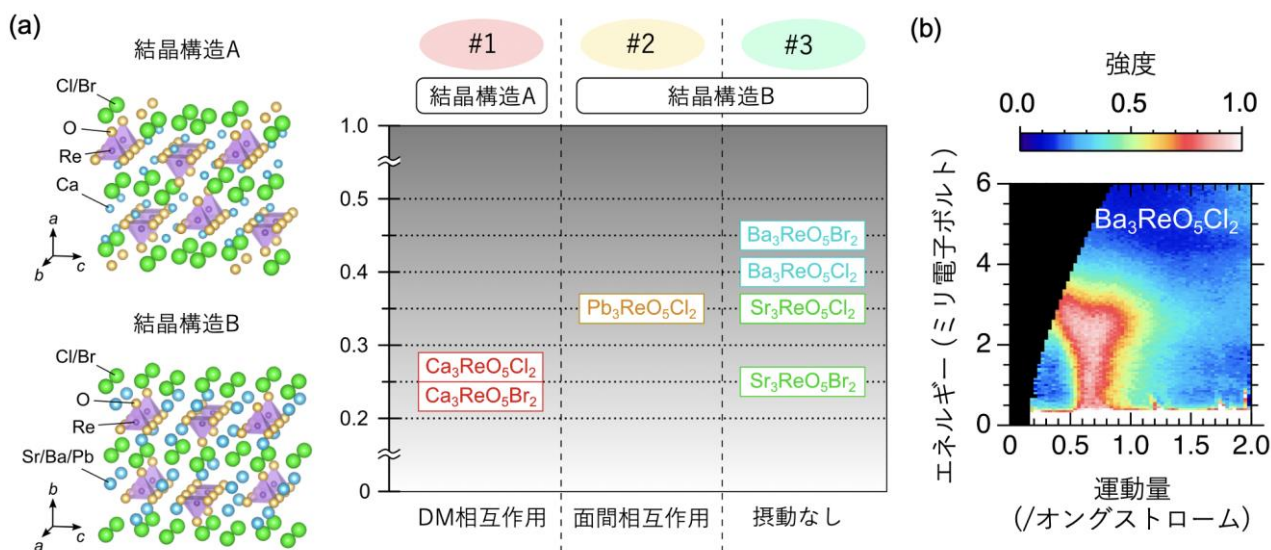


図 2: (a) 複合アニオン化合物 $A_3\text{ReO}_5X_2$ の結晶構造と磁気的性質に基づく分類。(b) グループ#3 に属する「理想的な」異方的三角格子反強磁性体のモデル物質 $\text{Ba}_3\text{ReO}_5\text{Cl}_2$ において観測された磁気励起スペクトル。

物質ごとに J'/J の値に若干の差があるものの、その比は 0.25~0.45 の範囲に収まることが明らかになりました(図 2a)。いずれの物質においても、磁化率および比熱の振る舞いは一次元的な性質を示しており、異方的三角格子が比較的大きな J'/J で特徴づけられる場合であっても、磁性の一次元化が生じることが分かりました。

さらに、結晶構造解析および第一原理計算の結果から、本物質群は(i)DM相互作用が内在する物質(グループ#1)、(ii)面間相互作用が比較強い物質(グループ#2)、(iii)付加的な相互作用の影響が無視できる物質(グループ#3)の三つに分類できることが明らかになりました(図 2a)。実際に、グループ#1 および#2 に属する物質では、低温での比熱測定から磁気相転移が観測されました。一方、グループ#3 の物質については、ミュオンスピン回転実験により、60 mK という極低温に至るまで磁気相転移が起こらず、動的なスピンの揺らぎが持続していることが確認されました。また、中性子非弾性散乱実験によって、TLL 状態を示唆する磁気励起の観測に成功しました(図 2b)。

以上の結果から、本研究では複合アニオン化合物 $A_3\text{ReO}_5X_2$ を用いることで、異方的三角格子反強磁性体に対する系統的な実験研究が初めて可能であることが示されました。特に、従来物質と比べてより理想的なモデル物質を実現できたことは重要な成果であり、磁性の一次元化に対する理解の飛躍的な深化に繋がります。また、本物質群は、磁性を担う元素が 5d 遷移金属元素である点、ならび

に配位子が 2 種類のアニオンから構成される点で物質設計上の特徴を有しており、磁性を自在に制御するための新たな物質開発指針を与えるものと期待されます。

本研究は、東京大学物性研究所の小金聖史大学院生、松山直史大学院生、矢島健助教、河村光晶助教、松尾晶技術専門職員、金道浩一教授、東北大学大学院理学研究科の森田克洋助教、東北大学多元物質科学研究所の那波和宏准教授、佐藤卓教授、名古屋大学大学院理学研究科の出口和彦講師、高エネルギー加速器研究機構の幸田章宏教授、J-PARC センターの古府麻衣子副主任研究員、河村聖子研究副主幹との共同研究です(所属はいずれも研究当時)。

参考文献

- [1] D. Hirai *et al.*, “Visible” 5d Orbital States in a Pleochroic Oxychloride, *J. Am. Chem. Soc.* **139**, 10784–10789 (2017).
- [2] D. Hirai *et al.*, Anisotropic Triangular Lattice Realized in Rhenium Oxychlorides $A_3\text{ReO}_5\text{Cl}_2$ ($A = \text{Ba}, \text{Sr}$), *Inorg. Chem.* **59**, 10025–10033 (2020).
- [3] M. Gen *et al.*, Chemically tunable quantum magnetism on the anisotropic triangular lattice in rhenium oxyhalides, *Nat. Commun.* **16**, 9938 (2025).

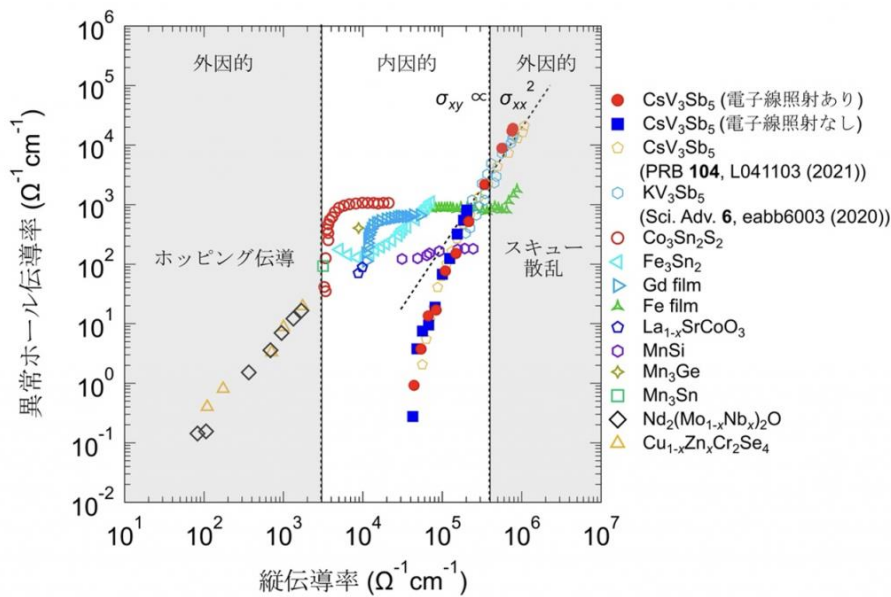


図 4 縦伝導率と異常ホール伝導率の関係(プレスリリース[3]図3より抜粋)

3. 研究の裏側：フィッティングの難しさ

本研究の解析は、当初から順調に進んだわけではなかった。磁気抵抗とホール抵抗の磁場依存性を現象論的な式で表し、実験データにフィッティングしようとする、初期値によって解が大きく変わったりする状況が続いていた。問題となっていたのは、モデルそのものというよりも、複数のキャリアが同時に寄与する系を、限られたパラメータ表現で扱おうとしていた点にあった。キャリア密度と移動度が強く相関し、「どのパラメータがどの程度効いているのか」が見えにくくなっていた。こうした状況について、実験を主導していた橋本先生から相談を受けたことが、共

同研究のきっかけとなった。ちょうど同時期に、物性研究所では「ソフトウェア開発・高度化プロジェクト」[4]の一環として、パラメータ最適化や逆問題解析を目的としたソフトウェア 2DMAT[5]を開発していた。現在は ODAT-SE(Open Data Analysis Tool for Science & Engineering)[6]として整備されているこの解析基盤は、単なるフィッティングツールではなく、パラメータの「確からしさ」をずれの分布を見ることで容易に把握できるという特徴がある。

今回の解析では、図3に示した通り、Step2.1において、まず磁気抵抗とホール抵抗の磁場依存性を適当なローレンツ関数でフィッティングした。その後、Step3の移動度ス

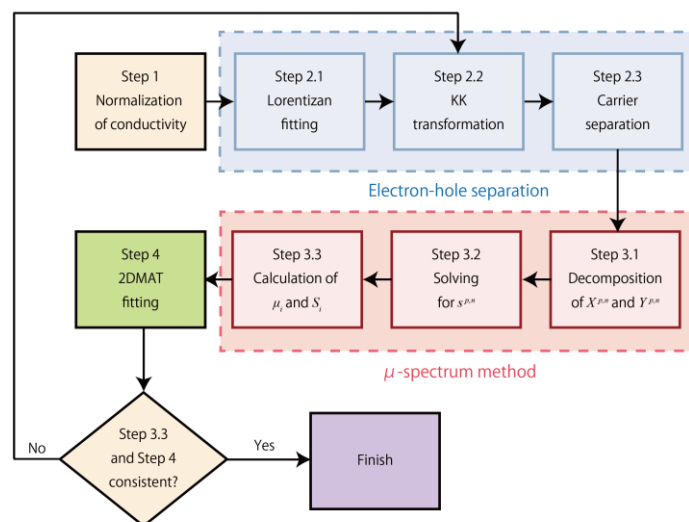


図 5 μ スペクトル法を用いた解析手順

日本生物物理学会学生発表賞を受賞して

物性理論研究部門 野口研究室 博士課程2年 山本 哲也

私は2025年9月に奈良県コンベンションセンターで開催された「第63回日本生物物理学会」にて日本生物物理学会学生発表賞を受賞しました。この賞は、応募書類と学会当日に実施された英語口頭発表を基に審査され、その中で優秀な発表を行った学生に授与されるものです。私はこのような栄誉ある賞を頂けたことを光栄に思っています。日頃よりご指導いただいている野口先生および共同研究者のDmitry Fedosov先生(ユーリッヒ研究センター)、また、様々な助言を頂いた野口研助教の中野さんに感謝申し上げます。

受賞対象となった発表は「Simulation of oxygen diffusion in blood flow (邦題: 血流中の酸素の拡散のシミュレーション)」です。肺で取り込まれた酸素は血液の主成分である赤血球によって体内の細胞組織に運搬されます。この際、赤血球内部に溶解していた酸素が拡散によって赤血球の外に移動し、血管壁に吸収されたのち細胞組織に至ります。本研究では、物性研スパコン・システムBを主に使い、一連の拡散現象をシミュレーションしました。

一般的に流体計算では空間を格子状に区切って連続の式を解いていきますが、血液のシミュレーションでは赤血球が大きく変形しながら動くため、そのような方法が難しくなります。共同研究者のFedosov先生の研究グループは、SDPD (smoothed dissipative particle dynamics)[1]という数値計算手法をもとに、多数の動く粒子で血液を構成するモデルを開発してきました。本研究ではそのモデルを用いて粒子の運動を追跡しつつ、粒子間で拡散方程式を並行して解くことで、移流および拡散によって酸素が赤血球内部から細胞組織に至るまでの過程を再現しました。

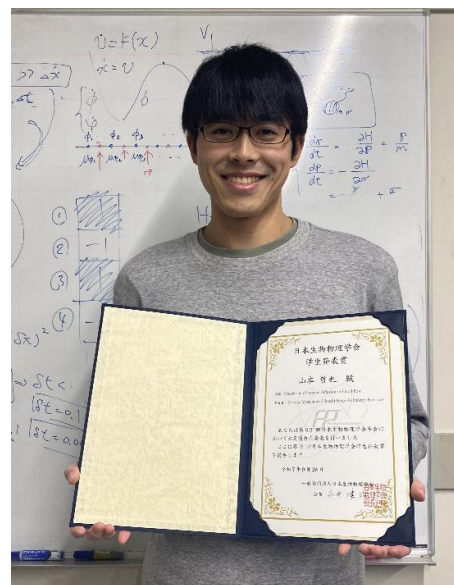
本研究は、まず、二次元系でシミュレーションを行い、計算コストを抑えつつ赤血球や酸素拡散の定性的な振る舞いを確認するところから始めました。その後、酸素の拡散係数と血流の速さの違いだけで赤血球内外の領域を分けるという大胆な近似を採用し、空間を格子状に区切った二次元系で移流拡散方程式を解くシミュレーションを行いました。これら粒子モデルと格子モデルで酸素の濃度分布を測定し、同様の分布が得られることが分かったため、これらのモデルをどちらも三次元の円柱座標系に拡張しました。

さらに、それまでは血管壁における境界条件を以て細胞組織での酸素消費を再現していましたが、この境界条件の妥当性を検証するため、細胞組織も含めたシミュレーションを行いました。これらの一連のモデルを用いて酸素の濃度分布を測定・比較したことで、最も複雑かつ計算コストの高い「細胞組織を含めた血液の粒子モデル」を、最も単純かつ計算コストの低い「細胞組織を境界条件で置換した血液の格子モデル」に簡略化しても、血液中における酸素の拡散現象が正しく再現されることを示しました。従来理論・数値モデルは上記のものと同様な近似を伴うものが多いため、本研究の成果はそれらのモデルに一定の裏付けを与えるものでもあります。

今後は、血管の太さや流れの速さなどのパラメータを変えて様々な条件下でシミュレーションを実施することで、最も複雑なモデルでなければ酸素の拡散を再現できない条件を探索したいと考えています。粒子シミュレーション上で拡散方程式を解くなど本研究ならではの難しさがある中、研究を支えていただいた野口先生、Fedosov先生、中野助教には改めてお礼申し上げます。

参考文献:

- [1] K. Müller et al. *J. Comput. Phys.* **281**, 301-315 (2015).



文献

- 1) Y. Tsujikawa, X. Zhang, M. Horio, F. Komori, T. Nakashima, Y. Ando, T. Kondo, I. Matsuda: *e-Journal of Surface Science and Nanotechnology*, **22**, 1 (2024).
- 2) Y. Tsujikawa, M. Horio, X. Zhang, T. Senoo, T. Nakashima, Y. Ando, T. Ozaki, I. Mochizuki, K. Wada, T. Hyodo, T. Iimori, F. Komori, T. Kondo, I. Matsuda: *Phys. Rev. B* **106**, 205406 (2022).
- 3) Y. Tsujikawa, M. Shouji, M. Hamada, T. Takeda, I. Mochizuki, T. Hyodo, I. Matsuda, A. Takayama, *Molecules*, **27**, 4219 (2022).
- 4) Y. Tsujikawa, X. Zhang, M. Horio, T. Wada, M. Miyamoto, T. Sumi, F. Komori, T. Kondo, I. Matsuda: *Surf. Sci.* **732**, 122282 (2023).
- 5) Y. Tsujikawa, X. Zhang, K. Yamaguchi, M. Haze, T. Nakashima, A. Varadwaj, Y. Sato, M. Horio, Y. Hasegawa, F. Komori, M. Oshikawa, M. Kotsugi, Y. Ando, T. Kondo, I. Matsuda: *Nano Letters* **24**, 1160 (2024).
- 6) Y. Tsujikawa, T. Nakashima, X. Zhang, K. Yamaguchi, M. Horio, M. Haze, Y. Hasegawa, F. Komori, T. Kondo, Y. Ando, I. Matsuda: *Phys. Rev. Materials* **8**, 084003 (2024).



エヌエフ基金研究開発奨励賞を受賞して

凝縮系物性研究部門 井手上研究室 助教 田中 未羽子

このたび、エヌエフ基金研究開発奨励賞を受賞いたしました。この賞はエヌエフ基金に審査され、革新性と独創性が高くかつ科学や技術の進歩・発展に役立つ研究開発に対して授与されるものです。共同研究者であるマサチューセッツ工科大学の Joel I-J Wang さんと William D. Oliver 先生、井手上先生、井手上研のスタッフ・学生の皆様、物性研内外で一緒に研究をしてくださっている方々、クリーンルームや低温設備の技術員の方々など多くの人に支えられてこのような名誉ある賞を頂けたことに、心より感謝申し上げます。

今回受賞対象となった研究は「超伝導マイクロ波共振器と原子層超伝導体の結合デバイスを用いた新奇超伝導機構の発見」です。

私は物理がとても好きで、その面白さは多様な現象が物質の詳細を問わず普遍的に表れることにあると思っています。特に多体電子系が織りなす非自明な集団現象が起こる系—超伝導体、強相関係、量子ホール系など—は非常に美しいと思います。

このような美しい現象を見るための実験手法はこれまで数多く確立されてきました。しかし、実験家としては「今までよりもっと直接的な測定で、より明確に見る方法がないか」と常に考えたいものです。デバイス構造や実験方法を工夫することでこれまで誰も測れなかったもの、測ろうとしなかったものを見ることにこそロマンを感じます。

今回の研究ではこれまで測定が困難だった「原子数層の超伝導体の超流動スティッフネス」を、超伝導マイクロ波共振器と原子層物質の結合系を作ることではじめて測定しました。それによって量子幾何効果によって増強される超伝導という現象の直接的な証拠を得ました。

超伝導状態では DC 電気抵抗はゼロになりますが、電子の質量に起因する慣性のために AC 電気伝導はインダクタンスで記述されます。この性質は超流動スティッフネスと呼ばれ、クーパー対密度や有効質量といった微視的状态を反映する物理量として、超伝導研究に広く利用されてきました。

グラフェンなど 2 次元原子層物質では、次元性と積層の自由度に起因して 3 次元物質では実現しない新奇な物性が次々と発見されています。特に 2 枚のグラフェンを捻って積層すると超伝導が発現することは大きな注目を集め、従来とは異なる量子幾何効果が不可欠な超伝導機構が理論的に予想されてきました。

しかし、原子層は極めて薄く体積も小さいため、従来の手法では慣性インダクタンスの測定が実現できませんでした。応募者は超伝導量子デバイスと原子層を結合させたハイブリッドデバイスを用いた新しい精密マイクロ波応答測定手法を開発し、原子数層超伝導体における慣性インダクタンス測定に初めて成功しました。その結果、電子状態の量子幾何学的性質によって超伝導が発現するという新しい原理を実証しました。

現在、この実験手法を発展させさらなる新現象の開拓を進めたり、新しい実験手法の開拓を行ったり、井手上研究室はじめ共同研究者の皆様と研究に邁進しています。時間やリソースに対して大量にやりたいことがあり、研究に没頭して実験結果に一喜一憂する毎日はある意味青春時代かもしれませぬ。「真に新しい物理は新しい系や実験手法から始まる」という信念のもと、今後も物理の美しさをよりよく見る方法を全力で模索したいと思います。

Winning the student presentation award at the 2025 JPS March meeting

Laser and Synchrotron Research Center, Kondo group, D1, Junhyeok Jeong

At the Physical Society of Japan (JPS) conference held in March 2025, I gave an oral presentation in Division 8. I am deeply honored to report that I was selected for the Student Excellence Presentation Award based on the evaluation of the JPS committee members.

My presentation, entitled “Extremely large superconducting gap opening and evidence of BCS-BEC crossover in small Fermi pocket of cuprate superconductors,” addressed one of the most persistent puzzles in condensed matter physics. Despite four decades of research into high- T_c cuprates, a consensus on the superconducting mechanism remains elusive.

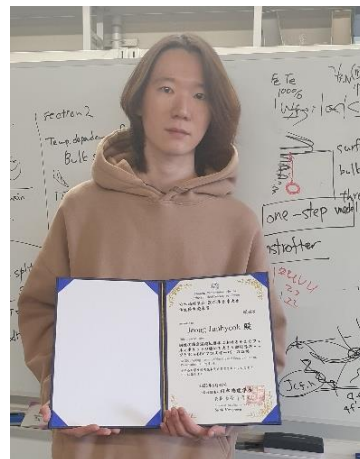
To address this, our research focused on the BCS-BEC crossover theory—a framework describing the smooth transition between Bardeen–Cooper–Schrieffer (BCS) pairing and Bose-Einstein condensation (BEC). While this crossover has been observed in other solid systems, it remains controversial in cuprates, largely due to the mismatch between theory and experimental data. One main reason for this mismatch is that the ‘conventional’ cuprate compounds that have been extensively studied so far, are intrinsically vulnerable to the disorder effect, stemming from the proximity of the dopant layer and CuO_2 planes

We overcame this limitation by investigating a multilayer cuprate, which contains three or more CuO_2 planes per unit cell. Unlike conventional, the inner CuO_2 planes in the multilayer system are protected from dopant-induced disorder, preserving a “clean” electronic state. Among multilayer systems, we focused on the 4-layer compound, which is expected to have a larger carrier concentrations yet maintaining clean inner CuO_2 planes. Using angle-resolved photoemission spectroscopy (ARPES) and quantum oscillation measurements, we

successfully observed a small Fermi pocket in the 4-layer cuprates. Indeed, we confirmed that the effective doping level is higher than previously reported in 5- and 6-layer systems.

Furthermore, with the increased carrier concentration, we found that an extremely large superconducting gap coexists with this small Fermi pocket. This suggests that superconductivity and antiferromagnetic order are not merely competing phases but share an intimate relationship. Furthermore, the combination of a small Fermi energy and a large gap points to a high pairing strength, providing strong evidence for the BCS-BEC crossover—a regime previously inaccessible in conventional cuprates.

I would like to express my sincere gratitude to my supervisor, Prof. Takeshi Kondo, and to Prof. Yoshimitsu Kohama for their guidance with the ARPES and quantum oscillation measurements. I also thank Prof. Kazuyasu Tokiwa (Tokyo University of Science) and his laboratory members for providing the high-quality single crystals that made this research possible.



物性研に着任して

島崎 佑也

2025年10月に、ナノスケール物性研究部門に准教授として着任いたしました島崎と申します。2次元物質の研究をして参りました。

一つの転機ということで、改めて人生を振り返ってまとめてみようと思います。幼いころはレゴが好きでよく遊んでいたようです。なんとなく建築や街の設計のようなことに携わりたいと思っていた気がします。中学・高校では論理の明確な数学が好きになりました。当時流行っていたSF映画マトリックスを見て、神経科学や情報工学に素朴な興味を持ちました。フィクションではあるものの科学や工学に興味を持った原体験だった気がします。情報工学系の計数工学科に興味を持ち、高校生の頃に五月祭の展示を見に行っていて、一緒に展示をしていた物理工学科もなんとなく気になっていました。東大の理科一類に入学し物理を学び始めると、背景にある数学が面白くなって多様体や微分幾何学の勉強をしていました。サークル活動ではプログラムを学びながらARゲームを作ったりしていました。計数工学科か物理工学科か、どちらに進むべきか迷い、量子コンピュータの講義などもあって物理を使って何かをやってみたいと思い物理工学を選びました。学部で学んだ固体物理では量子力学や統計物理が物質と密接に関わっていることに驚き、金属のような一見当たり前に見えるものの中に全く知らない世界があったという衝撃があったように思います。光学実験に少し憧れがあり、五月祭で量子物理の展示をしたい、と光のショットノイズ測定をやってみるものの、実験に不慣れだった当時は作製した検出回路の発振との格闘でした。達成感はあったものの、しんどい経験だったように記憶しています。

2010年に学部4年生で研究室配属となり、量子デバイスの研究をしようと意気込んで樽茶研究室に入りました。グラフェンという2次元物質の中にはディラック電子があり、その超伝導近接効果を研究できる、そう聞いてなかなか面白そうだとそう思いました。始めてみると石のような黒鉛の結晶とスコッチテープを渡され、衝撃を受ける。これで量子デバイスを作るのか、と。周りはGaAsやSiの半導体で量子デバイスを作っている中、石を劈開して薄膜を作る、石器時代からのスタートです。最先端の量子デ

バイスを作りたいです、と豪語してみたものの、これは大分遠そうだと。冬場の測定でデバイスの静電気破壊に悩まされながら、まずはなんとかジョセフソン接合のデバイスができて測定、磁場下で綺麗なフラウンホーファー振動が見え感動した記憶があります。

品質を上げなければ見たい現象が見えないということで、修士課程からはNIMSから頂いたhBN結晶を利用してヘテロ構造のデバイス作りを始めました。当時はグラフェンを転写したポリマーを水面に浮かせてすくい取るという方法が主流で、「金魚掬い」をしていると形容されていました。ファンデルワールスヘテロ構造がようやくできるようになり、グラフェンで量子ホール効果が綺麗に見え、これもまた感動したものの、当時の作製技術では試料品質が目的の実験の要求に足りずテーマの考え直しから入りました。当時世の中ではマヨラナ粒子が見えたのでは？という最初の実験報告もちょうどあり、トポロジカル絶縁体に興味を持ちながら学んでみたところ、その背景には接続や曲率など微分幾何学で学んだ数理があり、グラフェンの擬スピン構造とも対応するという事に感銘を受けました。2層グラフェンを利用すれば擬スピン構造を電気制御できることに気づき、これを利用すればベリー曲率を誘起してバレーホール効果が出る、ということに思い当たりました。よく調べたら実際には理論が既にあっただのですが、自分でたどり着いたという感覚が実験を進める強いモチベーションになった気がします。実際に実験をしてみると現象を反映した非局所輸送が確認でき、この結果で博士号をいただくことができました。

その後少し分野を変えて、改めて光学実験に挑戦しようと、スイスETH ZurichのImamogluグループにお世話になりました。半導体の量子光学が専門の研究室で、ちょうど新しく2次元物質を始めていたタイミングで、試料作製環境を立ち上げ半導体2次元物質の研究を始めました。デバイスを精密に電気制御しながらスペクトロスコープを行うという測定が気質に合い、言語を解読するような感覚でした。励起子の混成状態を電気制御するプロジェクトを進めていましたが、元々電子物性に興味があり励起子のエネルギーシフトをセンサーにして電子系の振る舞いを調べる

ということを始めました。Python で計測ソフトを自作し netCDF や xarray を導入して多次元データを解析しやすくしたのがきっかけでした。最初のうちは輸送測定の代替として使えそうだと面白がっていましたが、ゲート電圧を精密に制御するとヘテロ構造のモアレ超格子にトラップされた電子系が電子相関により絶縁的になる振る舞いが確認でき驚きました。当時はちょうど1年前にツイスト2層グラフェンで強相関絶縁状態や超伝導が見つかったばかりで良いタイミングでした。またスペクトルを解析していく中で、フェッシュバツハ共鳴が見えているということも理論家の協力でわかってきました。

帰国して理研の山本研や東大 QPEC で大変お世話になり、新しい環境で研究を立ち上げながら、徐々に独立することを考え始め、だんだんと大変になるヘテロ構造の作製を効率化しなければとスイスにいた頃からサイドプロジェクトで積層装置の制御ソフトウェアの開発を行っていました。電子にとっての狭い家を作るようなもので microFLAT (FLake Assembly Tool)と名付けました。

スコッチテープで始まり、「金魚掬い」をしていた時代からコンピュータ制御で原子のレゴのようにヘテロ構造を組み合わせ、気づいたら冷却原子のような実験までできるようになってきている、最先端の量子デバイス？に少しずつ近づいてきている気がします(ただスコッチテープはまだ手放せません)。これまで2次元物質の研究に携われたことをありがたく思い、またこれからその上で創発する多彩な物性を開拓していくためにも物性研に着任できたことを嬉しく思います。物性研では微細加工施設の運営にも携わる予定で、皆様の研究をサポートできることを楽しみにしております。技術にしても知識にしても、簡単に使える、汎用性・再利用性の高いものを多数利用できる状況が新しい試行・思考につながり、予想外の結果を創出するように思います。私自身そういうものが好きで、そのような観点で研究室やインフラを構築してみたいと思っております。



物性研に着任して

附属中性子科学研究施設 佐藤 卓

2025年4月に附属中性子科学研究施設に着任いたしました佐藤卓です。当面前職である東北大学多元物質科学研究所とのクロスアポイントメントとなり両大学に所属いたします(本務は東京大学となります)。

私ごとで恐縮ですが、私にとって今回は3度目の物性研在籍となります。1度目は1993年から1996年にかけて、大学院博士課程の学生として六本木の物性研にお世話になりました。2度目は2004年から2012年まで、助教授(准教授)として東海の附属中性子科学研究施設に籍を置きました。1度目は学生として短期間の在籍ではありましたが、私の物性研に対するイメージ(理想)というものはこの期間に形成されたように感じます。この頃の物性研は大人の雰囲気は漂っており、こんな大人になりたいと思わせる先生方がたくさんいらっしゃいました。(いま所員として物性研に戻り、若い方からどうみられているかと考えると暗澹たる気分になります。)2度目の在籍期間に関しては、一言で申し上げると研究者人生で最も充実した時期であったと思います。この時期は東海村の研究用原子炉JRR-3が順調に稼働しており、そこで全国の共同研究者と共に多くの研究成果を生み出すことができました。同時にJ-PARCの建設期でもあったため、高エネルギー加速器研究機構(KEK)と共同で新しい分光器(高分解能チョッパ分光器)を建設するという稀有な経験を積むこともできました。

私が2012年に物性研を離れてから今までの間に日本の中性子科学を取り巻く状況は大きく変わっています。第一に、J-PARCが設計目標である1MW出力を達成し、名実ともに世界最高の中性子源となりました。一方で、JRR-3は東日本大震災の影響で約10年間の運転停止を余儀なくされました。この結果、日本の中性子科学の最先端はJ-PARCに移りました。中性子コミュニティの観点からは、J-PARC建設に伴う大学研究者のJ-PARCへの移動や、JRR-3の長期停止による研究機会の減少により、中性子を専門とする研究室が激減し、結果として若手研究者が育ちにくい構造が出来上がってしまいました。国際的には、米国のNISTやドイツのFRM-II等が事故等で長期

停止し、欧州のESS建設に伴いこれまで世界の中性子研究を牽引してきたフランスILLも停止の議論が本格化しています。さらに国際情勢の不安定化により、国境を超えた中性子実験実施の困難さも増しています。これらは総じて、实际的に利用可能な中性子施設の減少、すなわち中性子枯渇を招いています。

このような状況の変化の中で、さて、3度目の物性研では一体何をすべきか、自問自答する毎日です。すでに退職まで10年を切っていますから、それほどたくさんのごことはできません。私個人の研究を進展させることは当然として、まずは再稼働したJRR-3をさらに活性化させ、J-PARCと相補的な役割を果たすことのできる中性子施設へと発展させること、その中で持続可能な中性子科学研究のモデルを構築することが一つのゴールでしょうか。

最近JRR-3に関して、日本原子力研究開発機構(JAEA)や関係大学・学会と協力し、中・長期の将来計画とそれに基づく装置更新や運営体制の改革の議論が始まりました。日本の中性子科学全体の将来を見据え、物性研中性子施設の果たすべき役割をコミュニティと一緒に模索していく必要があると思います。大学附属の研究施設としては、人材育成の観点も重要かと思います。特に、全国の大学で中性子に関連する研究室が減少している中で、当施設への期待は大きくなっていると考えられます。他方、世界的な中性子枯渇は、中性子科学を含む基礎科学全体に対する社会の認識の変化を反映しているとも捉えられます。欧州・米国など世界の中性子コミュニティと密に協力し、各国のステークホルダーに働きかける活動も近年開始しました。加えて、山室前施設長時代に始まった国際課題や産学連携課題という新しい試みも継続・発展させていく所存です。前者では、海外からの実験課題を実施することで世界の中性子コミュニティの健全な発展や国際共同研究の推進に貢献することを目指しており、世界の中性子コミュニティの一員としての役割を果たしたいと考えています。また後者においては産業界が持つ研究の芽を育てることを通して中性子の社会的意義の認知向上を目指しています。このような活動から持続可能な中性子科学研究の実現の糸口を

見出したいと思います。これは日本の中性子科学における2つの将来計画、すなわちJ-PARC Target Station 2と新試験研究炉の実現に何らかの形で自然につながっていくのではと楽観的に想像しています。

中性子科学が大型施設なしでは成立しないという現実の前に、物性研中性子という非常に小さな組織にどのような貢献ができるか(すべきか)は大変難しい問いだと思います。我々のみではいきおい独りよがりの答えを出してしまいがちです。是非とも大所高所からご指導をいただければ幸甚です。今後とも何卒よろしくお願い申し上げます。



また、B棟の②「宝石と超高压の科学」、C棟の③「超強磁場ラボ大公開」、D棟の④「光とレーザー」、A棟の⑤「いきものと光の関係を知ろう」、⑩「ChatGPT と作る、タンパク質キャラ：生物物理学を学ぼう」の5件についてはクイズラリーの対象になっており、クイズに挑戦して正解スタンプを4個以上集めた参加者には物性犬オリジナル「量子ペーパー」(図4)がプレゼントされた。昨年度のクイズラリーの景品は「元素周期表ロールペーパー」だったが、今年度は国際量子科学技術年のため、量子力学の歴史が俯瞰できる量子ペーパーが選ばれ、多くのクイズラリー参加者に好評だった。



図4：量子ペーパー

例年行われているサイエンスカフェは森研究室出身の藤野智子准教授(横浜国立大学)が担当し、A棟6Fラウンジで土曜日13:30~14:00に開催された。「分子をデザイン!?チョコレートや化粧品、有機ELテレビまで、暮らしを変える分子デザイン」という演題で、身近なものから最新の研究まで、無限の可能性を秘めている「分子のデザイン」が紹介された。分子をつなげる実験の実演も交えて様々な年代の参加者にもわかりやすい説明がなされた(図5)。



図5：サイエンスカフェのポスター

また、今年度初めての試みとして、浜根大輔技術職員による「デンケンツアー」が開催された。6階から地下の電子顕微鏡室まで、公開していないバックヤードを通り抜ける特別ルートが案内された。電子顕微鏡室到着後は、実際に電子顕微鏡を操作しながら、肉眼では決して見えないミ

クロの世界を探検した。両日とも4回開催、各回定員15名の限定企画で、大変好評だった。

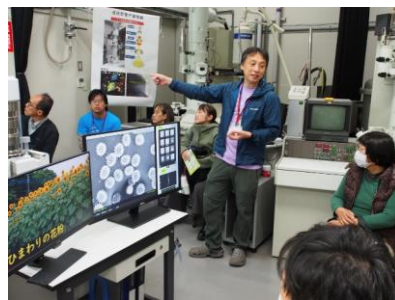
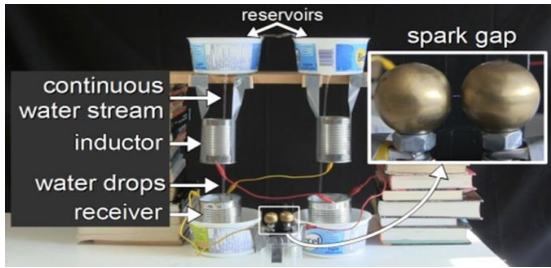


図6：デンケンツアーの様子

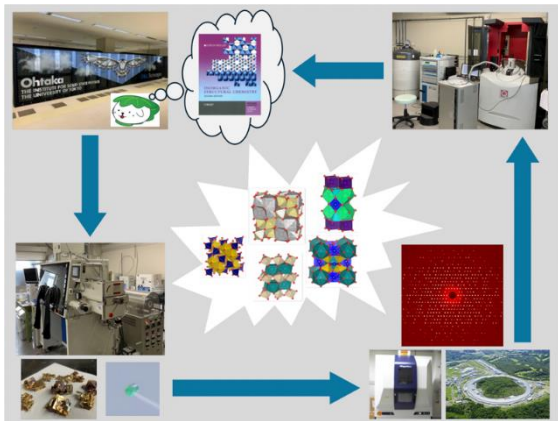
一般公開の同時開催イベントとして、女子中高生向けイベント「未来をのぞこう!」も開催された。物性研では、「物性研究最前線ツアー」と題して物性研の一般公開を大学院生が案内した。また、見学ツアーの後には大学院生・研究者とのランチ懇談会で進学や理系のお仕事についての懇談が行われた。

今年度は物性研が「未来をのぞこう!」の幹事部局であったため、総務系のスタッフは大忙しでとても大変な思いとなり、一般公開委員長として大変申し訳なく思った。そうした中でも、菅原副事務長には準備を主導して頂き、福岡事務長、総務系の皆様、ウェブサイトやガイドマップを作成して頂いた広報室の餅田さん、サイエンスカフェを企画して頂いた研究戦略室の鈴木URA、一般公開委員の浜根さん、浦井助教、ボランティアに参加して頂いた学生や職員の皆さんほか多くの方々を支えられ、今回も物性研一般公開は成功裏に終わったと考えている。25日の夕方には参加して頂いた学生、職員の労をねぎらうためにカフェテリアで打ち上げパーティーが開催された。

一般公開開催後に実施された一般公開委員会では、今回の運営を振り返り、いくつかの課題について議論が行われた。まず、クイズラリーの景品については、来場者から種類を増やしてほしいという要望が寄せられた一方、限られた予算内での対応には難しさがあることが共有された。今後は来場者満足度と予算制約の両立をどのように図るかが課題である。また、土曜日の教職員ボランティアの確保が難しく、シフト調整の結果として一部のボランティアに負担が集中した点も指摘された。残業代を支給することで人員確保が容易になる可能性はあるものの、その場合には物性研究所あるいは大学全体の予算を用いる必要があり、慎重な検討が求められる。これらの課題については、来年度は三輪委員長に対応していただくことになるが、私自身も一所属として、できる限り協力していきたいと考えている。

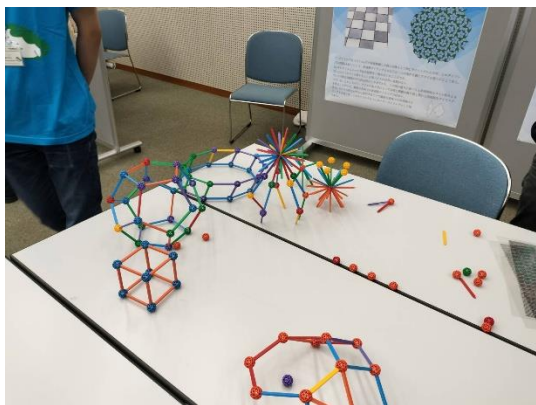


⑧「水滴が電気を生む？ — ケルビン水滴発電機で遊んでみよう」（原田研究室）



⑨「至宝の物質が眠る最前線 ～固体材料化学～」
（廣井・岡本・山浦研究室）

水が電気を生む仕組みを目の前で体験しませんか？シンプルな現象に潜む不思議な科学を体験ください！



⑩「「AIの物理」を体感しよう！」（理論部門）
AIでノーベル物理学賞！？実は深い繋がりを実感しよう！



⑪「ChatGPT と作る、タンパク質キャラ：生物物理学を学ぼう」（林研究室）

しゃべる！動く！タンパク質キャラ：ChatGPT と一緒に学ぶ生物物理学—構造・機能・物理法則をキャラで理解しよう！



者と参加者との間で活発な意見交換が行われ、研究内容に関する技術的な議論にとどまらず、ソフトウェアの公開・再利用や今後の共同研究の可能性についても踏み込んだ交流がなされました。

本研究会は、計算物性科学における最新の研究成果の発表、活発な学術情報交換、そして研究者間のコミュニティ

形成を促進する場として、盛況のうちに閉会しました。分野や世代を越えた意見交換を通じて、今後の研究およびソフトウェア開発の方向性について多くの示唆が得られたことは、大きな成果であったといえます。ご参加いただいた皆様、ならびに本研究会の開催にご協力いただいた関係者の皆様に、心より感謝申し上げます。

プログラム一覧

はじめに

10:00-10:10 「はじめに」 川島 直輝 (東京大学)

10:10-10:30 「ソフトウェア開発・高度化プロジェクト全般の紹介」 吉見 一慶 (東京大学)

第一原理計算関係

10:30-10:50 「固液界面における DFT-古典溶液論ハイブリッドシミュレーションの開発と応用」 大谷 実 (筑波大学)

10:50-11:10 「TurboRVB 及び TurboGenius の高度化と最近のアルゴリズム的進展」 中野 晃佑 (物質・材料研究機構、理化学研究所)

11:10-11:30 「固溶体の配置サンプリングフレームワーク abICS の高度化」 笠松 秀輔 (山形大学)

強相関電子系関係

13:00-13:20 「強相関第一原理計算手法とソフトウェア開発・高度化プロジェクト」 三澤 貴宏 (東京大学)

13:20-13:40 「DCore+ChiQ : 動的平均場法による強相関化合物の一粒子スペクトルと二粒子応答」 大槻 純也 (岡山大学)

13:40-14:00 「テンソルネットワーク法による量子スピン模型解析ソフトウェアの開発」 大久保 毅 (東京大学)

データ駆動科学関係

14:00-14:20 「ベイズ最適化パッケージ PHYSBO」 田村 亮 (物質・材料研究機構)

14:20-14:40 「データ解析フレームワーク ODAT-SE と計測インフォマティクス」 星 健夫 (核融合科学研究所)

ポスター発表

15:00-16:00 ポスター発表

ソフトウェア普及・開発関係

16:00-16:20 「MateriApps プロジェクト : 物質科学シミュレーションのコミュニティ形成に向けて」 井戸 康太 (東京大学)

16:20-16:40 「MateriApps LIVE! / Installer : 物質科学シミュレーションの環境構築」 藤堂 眞治 (東京大学)

16:40-17:00 「オープンソースライセンス」 本山 裕一 (東京大学)

17:00-17:20 「グループ・コミュニティでのコーディング」 青山 龍美 (東京大学)

パネルディスカッション

17:30-18:00 「今後の計算物質科学におけるソフトウェア開発のあり方について」 座長 : 吉見 一慶 (東京大学)

登壇者 : 大谷 実 (筑波大学)、大久保 毅 (東京大学)、田村 亮 (物質・材料研究機構)、井戸 康太 (東京大学)



物性研究所短期研究会

「高圧強磁場下複合極限科学の最前線」

日時：2025年11月25日(火)–11月27日(木)

場所：大阪大学大学院理学研究科J棟2階・南部陽一郎ホール+東京大学物性研究所A棟6階・会議室615室（+Zoomによるオンライン）

URL: <http://www.ahmf.sci.osaka-u.ac.jp/forum2025/>

提案代表者及び報告者：萩原 政幸（大阪大学大学院理学研究科）

共同提案者：金道 浩一（東京大学物性研究所）、徳永 将史（東京大学物性研究所）、

松田 康弘（東京大学物性研究所）、野尻 浩之（東北大学金属材料研究所）

淡路 智（東北大学金属材料研究所）、工藤 一貴（大阪大学大学院理学研究科）

花咲 徳亮（大阪大学大学院理学研究科）、清水 克哉（大阪大学大学院基礎工学研究科）

鳴海 康雄（大阪大学大学院理学研究科）

現在、国内の三つの強磁場施設（東京大学物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設、大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センターと東北大学金属材料研究所附属強磁場超伝導材料研究センター）はどれもワンストップ申請で利用でき、様々な強磁場を利用した研究をユーザーは行える体制が作られている。パルス強磁場と定常強磁場下において、精密測定手法を用いた様々な物性科学研究が極低温で行える状況になっている。その一方で、高圧力を加えた複合極限測定環境整備は、特にパルス強磁場下でこの組み合わせが最も困難なために、少しずつ進められてきているのが現状である。しかしながら、様々な創意工夫によりこれまで不可能と考えられてきた高圧下強磁場研究が可能になってきている。測定領域を拡大して強磁場科学をさらに進めるために、現在最前線でこの分野において研究及び装置開発に取り組んでおられる方々に講演をしていただき、今後の展望に関して議論する事は物性科学の新天地を拓く意味で有意義なものであると考える。このような趣旨の下、本研究会を企画した。

一堂に会する機会があまりない強磁場と高圧利用の研究者に集まって活発な議論をしていただくために、主催者の方で10名の招待講演者を選ばせていただいた。そのうちの1名の講演者は米国ロスアラモス研究所の研究者でZoomを使ってオンラインで講演を行っていただいた。これらの招待講演者に加えて、特別講演として岡山大学の小林達生教授に今年ノーベル化学賞を受賞された北川進教授との共同研究に関して発表いただいた。その他には13件の一般口頭発表と22件のポスター発表がなされた。2019

年に初めて行った「物性研究所短期研究会」と同様に、ネットワーク型の共同利用拠点としての活動を可視化するために、今回も連携研究施設である大阪大学を主会場にして本研究会を開催し、副会場を物性研究所の6階会議室に設定してオンラインで結び、それ以外の場所からでも参加登録者にはオンラインでの聴講を可能にした。

本研究会3日間でオンライン参加者も含め250名の方に研究会に参加をしていただいた。それぞれの日の研究会参加者の人数は25日94名、26日83名、27日73名だった。25日の最初のセッションでは、海外の強磁場施設で高圧強磁場下の研究を行ってきた招待講演者2名、装置開発に携わっている招待講演者1名に講演を行ってもらった。その後、90分間のポスターセッションを行い、この日の最後のセッションでは海外の強磁場施設で強磁場高圧下研究を行っている海外の研究者の一般講演、強磁場を用いた研究に関する一般講演が4件続いた。二日目26日午前の最初のセッションでは上述の海外の研究者にオンライン講演を行ってもらい、その後強磁場高圧下の研究のための装置開発を行っている招待講演者2名の講演があった。集合写真を撮って休憩をはさんで午前2番目のセッションでは1名の高圧下有機モット絶縁体の招待講演、そして上述の特別講演を行ってもらった後に、破壊型パルス磁石を用いた一般口頭発表が2件あった。この日の午後には強磁場フォーラム総会を開催して、強磁場フォーラムの1年間の活動報告、次期強磁場フォーラム幹事の選挙がなされた後、強磁場施設の現状報告と将来計画に関する発表がなされた。その後、第7回強磁場フォーラムフロンティア奨励



賞授賞式が行われ、石川孟氏(東京理科大学理学部第一部)と許晶氏(東北大学大学院工学研究科)が受賞された。最終日 27 日午前の最初のセッションでは強磁場高圧下でのウラン化合物、圧力下で半金属になる黒リン、そしてフラストレート磁性体 CsFeCl₃の研究に関する招待講演が 3 件と一般講演 1 件、午前後半のセッションは理論に関する口頭

発表 3 件を含めて合計 5 件の一般講演があった。最後に学生を対象にした学生優秀発表賞の受賞者 3 名の発表と表彰を行い、次回強磁場科学研究会を行う予定の東北大学金属材料研究所の淡路智教授に閉会の言葉をいただいて閉会した。講演者と講演タイトルの詳細は以下のプログラムをご覧いただきたい。

プログラム

■ 11 月 25 日 (火)

13:00-13:10 開会の挨拶：萩原政幸 (阪大先端強磁場)
東大物性研・所長挨拶 廣井善二 (東大物性研)

Session 1 (座長：藤代有絵子 (理研CEMS))

13:10-13:40 [I1-1] 荒木新吾 (岡山大院自然) 「Destabilization of hidden order in URu₂Si₂ under magnetic field and pressure」
13:40-14:10 [I1-2] 柴永茉莉 (阪大基極セ) 「水素化物高温超伝導体における強磁場下測定の開拓」
14:10-14:40 [I1-3] 北川健太郎 (東大物性研) 「超高圧下超伝導・量子磁性研究を加速する固体量子センシングプロブのファーストライト報告」
14:40-16:10 ポスターセッション

Session 2 (座長：青木 大 (東北大金研))

16:20-16:40 [O1-1] William Knafo (LNCMI-Toulouse & Tohoku Univ.) 「Electrical-resistivity experiments under combined pressures and pulsed magnetic fields at the LNCMI-Toulouse」
16:40-17:00 [O1-2] 三宅厚志 (東北大金研) 「RSb₂(R = Ce, Pr, Nd)における磁気形状記憶効果」
17:00-17:20 [O1-3] 加藤萌結 (北大院理)
「量子カゴメ反強磁性体Inカペラサイトの極低温磁性」
17:20-17:40 [O1-4] 井原慶彦 (北大院理)
「カゴメ反強磁性体における1/3磁化プラトー状態での磁気励起」
17:40-18:00 [O1-5] 花咲徳亮 (阪大院理) 「パイロクロア型酸化物Cd₂Nb₂O₇の強誘電状態に対する超強磁場効果」

■ 11 月 26 日 (水)

Session 3 (座長：北川健太郎 (東大物性研))

09:00-09:30 [I2-1] 細井 優 (ロスアラモス国立研究所) 「磁場下に適用可能な歪み応答の新規プローブ開発」
09:30-10:00 [I2-2] 櫻井敬博 (阪大コアファシリティ) 「多重極限THz ESR装置の開発と応用」
10:00-10:30 [I2-3] 武田 晃 (東大物性研) 「核磁気共鳴で探るフラストレート磁性体の圧力誘起相転移」
10:30-11:00 休憩 (30分) ※休憩前に集合写真

Session 4 (座長：櫻井敬博 (阪大コアファシリティ))

11:00-11:30 [I2-4] 藤代有絵子 (理研CEMS) 「有機一次元モット絶縁体における圧力誘起スピンパイエルスー電荷秩序相転移」
11:30-12:00 [I2-5] 小林達生 (岡山大院自然) 「MOFに吸着した酸素分子の磁性」 (特別講演)
12:00-12:20 [O2-1] 松田康弘 (東大物性研) 「V_{1-x}W_xO₂ (x = 0~ 0.12)の磁場誘起絶縁体金属転移」

12:20-12:40 [O2-2] 石井裕人 (東大物性研) 「100テスラ級超強磁場下における高圧実験環境の開発」

12:40-14:00 休憩 (80分)

第20回強磁場フォーラム総会

14:00-16:00 強磁場フォーラム総会

16:00-16:10 休憩 (10分)

16:10-17:10 強磁場フォーラムフロンティア奨励賞授賞式
受賞講演

17:30-19:30 懇親会 (らふおれ)

■ 11月27日 (木)

Session 5 (座長: 荒木新吾 (岡山大院自然))

09:00-09:30 [I3-1] 青木 大 (東北大金研) 「ヘリウムガス駆動一軸圧力セルによるウラン化合物の極低温物性」

09:30-10:00 [I3-2] 秋葉和人 (岩手大理工) 「圧力下の黒リンにおける電子状態と磁場誘起絶縁体化」

10:00-10:30 [I3-3] 二本木克旭 (理研 CEMS) 「パルス強磁場・高圧力下磁化率測定による CsFeCl₃ の多段メタ磁性の観測及びその機構解明」

10:30-10:50 [O3-1] 多湖崇人 (神戸大院理) 「超量子極限における磁気抵抗と不純物散乱:自己無撞着法とユニタリティ極限へのクロスオーバー」

10:50-11:00 休憩 (10分)

Session 6 (座長: 秋葉和人 (岩手大理工))

11:00-11:20 [O3-2] 近藤雅起 (東大物性研) 「極性縮退半導体 SnTe の量子振動における異常な温度依存性」

11:20-11:40 [O3-3] 三田村裕幸 (東大物性研) 「単体テルルのパルス強磁場中非相反磁気抵抗測定」

11:40-12:00 [O3-4] 下司雅章 (阪大 R³ センター) 「ストロンチウムおよびバリウムの高圧相と超伝導転移温度の圧力依存性」

12:00-12:20 [O3-5] 西野友年 (神戸大院理) 「双曲面上を流れる直線電流による磁場生成」

12:20-12:40 [O3-6] 坂井 徹 (兵庫県立大) 「低次元量子スピン系の磁場誘起量子相転移の数値的研究」

12:50-13:00 表彰式: 萩原政幸 (阪大先端強磁場)

閉会の挨拶: 淡路 智 (東北大金研)

14:00~15:00 施設見学会 (先端強磁場科学研究センター) ※希望者のみ



参加者集合写真 (南部陽一郎ホール内で)

ISSP ワークショップ

先端的分光計測・化学イメージングが描き出す、次世代化学研究

日時: 2025 年 9 月 5 日(金)~9 月 6 日(土)

場所: 東京大学物性研究所セミナー室 4

世話人: 井上 圭一(東京大学物性研究所)

近年、新規マテリアル開発、機能性分子のデバイス応用、さらには医薬品の作用機序の解明や効能評価において、多様な物質群の物性や化学反応メカニズムの理解が一層重要となっている。さらには、よく規定された試験管内の系だけでなく、実用的な利用環境下における時空間的特性についても、高精度な情報を得ることが求められている。

そこで本ワークショップでは、こうした科学的ニーズを踏まえ、先端的な分光法および化学イメージング法を基盤とし、これらの化学情報の高次解析を目指した研究を展開する 7 名の若手研究者に講演を依頼した。これにより、これまで物性研とは接点が必ずしも十分とは言えなかった新規化学分光・イメージング法開発を専門とする研究者と、分野を越えた交流と相互理解の促進を目的とした。

対象分野には、生体組織、有機発光材料、高分子、細胞化学イメージング、新規光材料、化学反応の多次元ダイナミクス解析などが含まれ、さらに、最先端の計測技術からもたらされる基礎科学的知見を起点として、ボトムアップ的に新規マテリアル開発へと展開する次世代イノベーション創出の可能性についても議論し、理解を深めることを目指した。

ワークショップ当日において、田原進也先生(東北大学大学院)からは、ラマン顕微鏡を用いたタンパク質の液-液相分離(LLPS)および凝集過程の解析に関する研究が説明された。特に ALS 原因タンパク質 FUS に対する RNA や凝集抑制薬の作用機構について、生化学的アプローチを組み合わせたラマン顕微観察から明らかになったメカニズムについて紹介が行われた。

米田勇祐先生(分子科学研究所・総合研究大学院大学)からは、凝縮相における複雑な反応過程を読み解くための多次元分光技術(2D-ISRS)の原理と応用が紹介された。そして具体的な研究対象として、色素アンテナタンパク質や CdTe ナノ結晶などへの応用例が紹介され、励起状態の振動相関を可視化する手法としての有効性が示された。

宮田潔志先生(九州大学)からは、光機能・光反応研究に向けたマルチスケール時間分解分光計測の取り組みについ

て発表があった。特に、高次光機能における、三重項励起状態が関わる逆項間交差(RISC)や室温りん光、励起子分裂などのプロセスについて焦点が当てられた。

廣井卓思先生(早稲田大学)からは、動的光散乱法を基盤とした構造化学研究の展開について講演が行われた。従来法の課題を克服する独自装置(顕微動的光散乱等)の開発と、多成分系溶液での粒径分布計測への応用が述べられ、さらに今後の新規手法開発についても紹介が為された。

石井あゆみ先生(早稲田大学)からは、低次元ナノマテリアルを活用した次世代光イメージング・光検出技術に関する研究成果が紹介された。円偏光検出や色素増感型アップコンバージョン材料による近赤外光の検出への応用などが示された。

松崎維信先生(理化学研究所)からは、過渡 2 次元電子分光法(tr-2DES)を用いた、水和電子の不均一性解明に関する研究が報告された。その中では、特に水和電子の吸収帯幅に寄与する、これまで知られていなかった構造不均一性と、その生成過程との関係が示された。

そして、基調講演が加納英明先生(慶應大学)によって行われ、ラベルフリー非線形ラマン分光(CARS)による生体可視化と分子診断に向けた分光イメージング技術について紹介が為された。特に、近赤外域光源を用いた分子指紋領域の解析や、生体組織観察、さらには医療診断への応用例が報告された。

ワークショップ最後には自由討論の時間が設けられ、発展著しい二次元分光の今後の可能性や、物性研の独自技術と融合などについて、活発な議論が交わされ各技術の盛況のうちにワークショップが閉会された。

最後に本ワークショップの実施に際し、多大な支援をいただいた物性研究所に深く感謝するとともに、ワークショップで素晴らしい講演をいただいた講演者の先生方、参加者の皆様、ワークショップの開催に協力をいただいた研究室のメンバーに、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。



全体写真



プログラム

9月5日(金)

12:30-	受付開始(東京大学・物性研究所・6階セミナー室4)
13:00-13:10	開会の辞
座長: 井上 圭一	
13:10-13:55	田原 進也(東北大学) 「ラマン顕微鏡によるタンパク質の液-液相分離と凝集の解析: 疾患発症から薬剤作用」
13:55-14:40	米田 勇祐(分子科学研究所・総合研究大学院大学) 「複雑な凝縮相反応を読み解く多次元分光技術」
休憩(20分)	
座長: 木村 隆志	
15:00-15:45	宮田 潔志(九州大学) 「光機能・光反応研究を指向したマルチスケール時間分解分光計測」
15:45-16:30	廣井 卓思(早稲田大学) 「動的光散乱による構造化学」
全体写真撮影・休憩(20分)	
座長: 秋山 英文	
16:50-17:50	基調講演 加納 英明(慶応大学) 「ラベルフリー非線形ラマン分光学的イメージングによる生体可視化と分子診断の展望」
懇談会移動	
18:30-20:30	懇談会

9月6日(土)

座長: 眞弓 皓一	
9:00-9:45	石井 あゆみ(早稲田大学) 「低次元ナノマテリアルが拓く次世代光イメージング」
9:45-10:30	松崎 維信(理化学研究所) 「過渡2次元電子分光法による水和電子の不均一性の研究」
10:30-10:50	休憩
10:50-11:35	全体討論
11:35	閉会の辞

ISSP 国際ワークショップ

「Quantum Transport Frontiers of Mesoscopic Physics」の報告

2025年10月20日から22日の3日間、東京大学柏図書館メディアホールにて標記の国際ワークショップを開催した。対面での開催であったが、日本を含めて8か国から116名(うち海外からの参加者は19名)が参加し、予想を上回る盛会となった。プログラムは、3件の基調講演と25件の招待講演から成る口頭発表、ならびに一般参加者による38件のポスター発表で構成された。世話人は、橋坂昌幸(物性研:世話人代表)、井手上敏也(物性研)、岩切秀一(NIMS)、大谷義近(物性研)、加藤晃太郎(名大)、加藤岳生(物性研)、田仲由喜夫(名大)、藤澤利正(科学大)、吉岡克将(NTT物性研)の9名であった。

メゾスコピック系における量子輸送はナノスケールのデバイス設計・評価に不可欠な概念であり、基礎物性物理から次世代半導体・量子技術まで、理学・工学を横断して活発に研究が進められている。近年は、さまざまな原子層物質が新奇な量子輸送現象の舞台として注目され、また超伝導量子回路や表面弾性波など新たな観測・制御手法が開拓され、この分野のフロンティアが急速に拡大している。とりわけ、分数量子ホール系におけるエニオンの観測や、ゼロ磁場での分数異常量子ホール効果の発見など、近年の顕著な進展は世界的な注目を集めている。日本では近年、第一線で活躍されてきた研究者の退職が相次ぎ、一時的に国際的潮流に乗り切れていない側面もあるが、近年は若手PIが率いる新しい研究グループが次々に立ち上がっており、再び飛躍の時を迎えつつある。本ワークショップは、このような状況を踏まえ、当該分野を牽引する世界的リーダーを招聘し、最先端の研究動向を日本のコミュニティと共有するとともに、日本の若手研究者の挑戦と成果を国際的に発信することを目的として開催した。

10月20日は、Adiel Stern氏(Weizmann Institute)による基調講演「Flux attachment and novel fractionalized phases」から始まった。“Flux attachment”の概念を用いて、分数量子ホール効果や分数異常量子ホール効果を統一的理解する理論的枠組みが解説された。続く午前のセッションでは、Heung-Sun Sim氏(KAIST)が時間領域におけるエニオンの組紐操作について、Yuval Ronen氏(Weizmann Institute)が二層グラフェンにおけるエニオン観測実験について、高田慎太郎氏(大阪大)が半導体量子細線における電荷波束の観測・制御実験について講演した。

午後前半のセッションでは、永長直人氏(理研)が超伝導体における非相反伝導、押川正毅氏(物性研)が1次元鎖模型におけるデコヒーレンスを伴う量子輸送現象、吉見龍太郎氏(東大新領域)が強誘電トポロジカル絶縁体薄膜における量子ホール効果について発表した。午後後半では、Le Duc Anh氏(東大工)がFeドーブ強磁性半導体における新奇量子輸送現象、岩切秀一氏(NIMS)がゲート電圧で形成されたツイスト二層グラフェンの量子干渉デバイス、田中未羽子氏(物性研)が超伝導回路を用いたファンデルワールス超伝導体の慣性インダクタンス測定について講演した。

10月21日は、午前前半のセッションで熊田倫雄氏(NTT物性研)がファンデルワールス物質におけるテラヘルツ帯キャリアダイナミクスについて講演した。続いてJérôme Faist氏(ETH Zurich)による基調講演「Manipulating correlations in quantum Hall states with vacuum fluctuations in cavities」が行われ、テラヘルツ帯共振器を用いて量子ホール状態を観測・変調する実験が紹介された。午前後半のセッションでは、Frédéric Pierre氏(C2N)が量子ホール系におけるマルチチャネル近藤効果と分数エントロピー生成、Tim Kikkeler氏(University of Jyväskylä)が非従来型超伝導体接合におけるアンドレーエフ反射によるショット雑音、Torsten Röper氏(University of Cologne)が非平衡バイアスおよびマイクロ波印加による量子異常ホール効果のブレイクダウンについて講演した。午後前半は、Pok Man Tam氏(Princeton University)がトポロジカル超伝導体における量子化伝導、戎弘実氏(理研)が異常スピン系における対称性変調、工藤耕司氏(九大)が半整数ランダウ準位占有率状態と超伝導体のハイブリッド系におけるトポロジカル超伝導について発表した。午後後半のポスターセッションでは、若手研究者や大学院生による38件の発表が行われ、活発な議論が交わされた。

10月22日は、午前前半では、黒山和幸氏(東大生研)がテラヘルツ共振器と量子ポイントコンタクトの結合について、松永隆佑氏(物性研)が半導体中のスピン・バレー・軌道自由度の輸送に対するテラヘルツ分光、新見康弘氏(阪大)がカイラル超伝導体を用いた量子干渉計における半整数磁束干渉について講演した。午前後半のセッションでは、Jérôme Rech氏(CNRS)がHong-Ou-Mandel干渉計型セ

ISSP ワークショップ

Spintronics Future Prospects

量子物質研究グループ 三輪 真嗣

【日時】 2025 年 11 月 11 日(火) 13:00 ~ 12 日(水) 16:00
【場所】 東京大学物性研究所 6 F 大講義室
【提案者】 三輪真嗣、Byong-Guk Park

2025 年 11 月に、国際ワークショップ「Spintronics Future Prospects」を開催しました。本研究会は、韓国科学技術院(KAIST)の Byong-Guk Park 教授が物性研究所に外国人客員所員として滞在中であったことを契機として、アジア各国でスピントロニクス研究を牽引する著名な研究者が一堂に会する絶好の機会と考え、企画・開催したものです。

研究会では 14 名の招待講演者をお迎えし、今後 10~20 年にわたりスピントロニクス分野が注力すべき研究テーマについて、活発な議論が行われました。

具体的には、初日は、新たな角運動量物性科学として注目される軌道流や反強磁性スピンポンピングを含むスピントルクの研究、二次元強磁性体やカイラル反強磁性体などの新奇材料を用いたスピントロニクス研究、さらにスピントロニクスと情報熱力学の接点に関する講演が行われました。2 日目には、磁性に加えてフォノンや超伝導との協奏、マグノンやフェロンなどの準粒子、ならびに従来理論の再検討に関する興味深い講演が行われました。

当日は 4 カ国から 64 名が参加し、研究会は盛況のうちに終了しました。研究会のプログラムは以下のとおりです。

Tuesday, November 11th, 2025

Opening

- 13:00-13:05 Opening remarks (Zenji Hiroi, ISSP director)
- 13:05-13:15 Opening a workshop (Shinji Miwa & Byong-Guk Park)

Novel spin torques

- 13:15-13:45 Kazuya Ando (Keio Univ.) "Orbital current coupled with magnetization dynamics"
- 13:45-14:15 Jiahao Han (Tohoku Univ.) "Unconventional responses in non-collinear antiferromagnets"

Novel systems

- 14:30-15:00 Sanghoon Kim (Univ. Ulsan) "Non-trivial magnetic characteristics of an Fe₅GeTe₂ vdW ferromagnet with inversion symmetry breaking"
- 15:00-15:30 Masamitsu Hayashi (Univ. Tokyo) "Current induced spin texture in reduced symmetry systems"

Novel applications

- 15:45-16:15 Shunsuke Fukami (Tohoku Univ.) "Antiferromagnetic spintronics advantage in sub-ns electrical manipulation of spin structure"
- 16:15-16:45 Byong-Guk Park (KAIST/Univ. Tokyo) "Spin-orbit torques in magnetic trilayers and their applications"
- 16:45-17:15 Yoshishige Suzuki (NICT/Osaka Univ.) "Ultra-low power information dynamics in skyrmion devices"

Wednesday, November 12th, 2025

Novel phenomena I

- 9:30-10:00 Liyang Liao (Univ. Tokyo) "Probing phononic angular momentum and valleytronics via nonreciprocal surface acoustic waves"
- 10:00-10:30 Teruo Ono (Kyoto Univ.) "Superconducting diode effect"

Novel materials

- 10:45-11:15 Takeshi Seki (Tohoku Univ.) "Recent progress in synthetic antiferromagnetic materials"



11:15-11:45 Takayuki Nozaki (AIST) "Materials design for highly-efficient voltage-controlled magnetic anisotropy effect in magnetic tunnel junctions"

11:45-13:15 Group Photo & Lunch Break

Novel theory

13:15-13:45 Dongwook Go (Korea Univ.) "Future prospects of orbitronics for spintronics"

13:45-14:15 Kyung-Jin Lee (KAIST) "Beyond the three traditional assumptions of spintronics"

Novel phenomena II

14:30-15:00 Xianzhe Chen (Fudan Univ.) "Observation of ferron transport"

15:00-15:30 Kab-Jin Kim (KAIST) "Magnon-based hybrid systems: Current research progress"

Closing

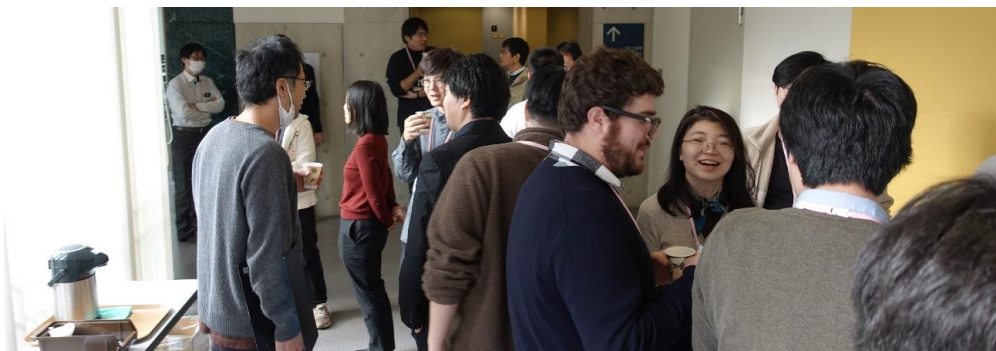
15:30-15:45 Shinji Miwa (Univ. Tokyo) "Chiral molecular spintronics & closing a workshop"



集合写真



講演の様子



コーヒーブレイクの様子

ISSP ワークショップ

ISSP Women's Week 2025 研究交流会

[開催日] 2025 年 11 月 13 日(木)

[提案者] 実行委員：井手上 敏也(代表)、武田 晃、佐野 涼太郎、中野 裕義、高木 里奈、中島 多朗、松田 巖、宮田 敦彦、三輪 真嗣、吉信 淳、Lippmaa Mikk

[主催] 東京大学物性研究所

[協賛] 日本学術振興会 学術変革領域研究(A)「1000 テスラ超強磁場による化学的カタストロフィー：非摂動磁場による化学結合の科学」

[ご支援] 本年度の企画はキオクシアホールディングス(株)の理系女性活躍推進活動にご支援いただきました。

物性研究所では、理工系の研究分野で現在少数である女性研究者のより一層の活躍及び割合増加をサポートするため、2021 年度より ISSP Women's week というイベントを開催してきました。今年度も、11 月上旬から中旬の期間を ISSP Women's week 2025 とし、その期間内の 11/13 (木)に「研究交流会」を開催しました。この研究交流会では、大学や企業、研究所で活躍されている 8 名の招待講演者の皆様に、ご自身の研究テーマやキャリア、経験談、所属機関におけるダイバーシティ推進に関する取り組み等をご紹介いただきました。プログラムの詳細は下に記しますが、所属や年齢、経歴も多様な講演者の皆様から多くの興味深いお話を伺うことができ、質疑応答も活発に行われて、大変充実した研究会となりました。

また、これまでの ISSP Women's week 研究交流会では夜に懇談会を実施することが多かったのですが、本年度の研究交流会では、午前と午後の招待講演者による講演からなるセッションの間に、ランチ交流会およびポスターボードディスカッションを実施しました。特にポスターボードディスカッションでは、参加登録時に「ライフワークバランス」や「女性研究者のキャリア」、「大学や企業での働き方の比較」といったテーマに関して記入してもらったコメントや質問、意見をもとに、よりリラックスした雰囲気で見聞交換や交流をしていただくことができ、有意義な機会となったように思います。

ISSP women's week は、本研究交流会に加えて、近い日程で開催される物性研主催・共催のイベントや部門・施設セミナー等において、女性講師に講演をお願いしたりダイバーシティに関して考えたりする機会を積極的に提供する期間にもなっています。今年度も下記に示すように、11/8(土)に女子大学生・大学院生向けのイベント「やっぱ

り物理が好き！」を宇宙線研究所および Kavli IPMU との共催で開催しました。また、各部門・施設等にご協力いただいて複数のセミナーが開催されました。さらに、ISSP Women's week の最終日 11/14(金)には、多様性包摂センターと共催で所員向けのロールプレイ研修を開催しました。これは本年度の新しい試みの一つで、事前に実行委員会と多様性包摂センターのスタッフで議論して設定した、所内で起こり得るダイバーシティ推進に関連する事例において、所員が普段とは異なる立場でロールプレイを行うことで、問題を多角的に認識・考察しようというものです。様々な異なる意見を共有すると同時に、普段意識していなかった問題を意識する良い機会にもなったように思います。

ダイバーシティ推進は、本来、所の構成員全員が常日頃から意識し、取り組むべき課題ですが、女性研究者がまだまだ少ない現状においてこの ISSP Women's week のように問題について普段よりも意識的に考える機会を設けるといことは、少しでも状況改善を目指していくために重要な取り組みなのだと考えます。今後も ISSP Women's Week が継続して発展し、その結果として所内外のダイバーシティ推進に関する意識や具体的環境が改善されていくことを期待します。

最後になりましたが、研究交流会や ISSP Women's week 全体を支えてくださった講演者やスタッフを始めとするすべての関係者の皆様、そしてご支援いただいたキオクシアホールディングス(株)と日本学術振興会 学術変革領域研究(A)「1000 テスラ超強磁場による化学的カタストロフィー：非摂動磁場による化学結合の科学」に深く感謝申し上げます。



図 1 : ISSP women's week 2025 研究交流会での集合写真

文責: 物性研究所・凝縮系物性研究部門
ダイバーシティ推進委員会 2025 年度委員長 井手上敏也

研究交流会プログラム 2025 年 11 月 13 日 (木)

10:00 廣井善二 所長 開催挨拶

10:02 井手上敏也 実行委員長 趣旨説明

▶Session 1

10:05 森初果 教授 (東京大学)

「モノとヒトのダイバーシティ

～電子と水素がカップルした分子性機能物質の化学と物理～」

10:30 赤井恵 教授 (大阪大学)

「情報科学と物性化学が融合した高分子ニューラルネットワーク」

(10:55-11:10 コーヒーブレイク)

▶Session 2

11:10 阪田薫穂 准教授 (高エネルギー加速器研究機構)

「電極触媒の“今”を捉える！放射光で見る表面反応のリアルタイム観察」

11:35 坂本祥哉 准教授 (東北大学)

「放射光研究と子育ての日々から」

(12:00 – 13:30 ランチ交流会)

13:30 ポスターボードディスカッション

▶Session 3

14:30 浜口香苗 氏 (株式会社豊田中央研究所)

「役割ごとの研究へのかかわり方 ～企業研究者の例～」

14:55 高嶋梨菜 氏 (キオクシア)

「企業における次世代メモリの開発現場」

(15:20-15:35 コーヒーブレイク)



▶Session 4

- 15:35 浦井瑞紀 助教 (東京大学)
「有機伝導体の見せる量子物性」
- 16:00 梅垣いづみ 助教 (高エネルギー加速器研究機構)
「量子ビームに誘われてー企業研究者を経てアカデミアでー」
- 16:25 閉会

ISSP women's week 2025 全体スケジュール

- 11/6 (木) Informal Biophysics Seminar 「粘液流を生み出す気管上皮繊毛の運動」
政池知子先生 (東京理科大学)
- 11/8 (土) やっぱり物理が好き! ~物理に進んだ女子学生・院生のキャリア~
- 11/12 (水) 令和7年度 第7回強磁場コラボラトリー オンラインセミナー 「空間反転対称性の破れた磁性体における磁場応答」
木村健太先生 (大阪公立大学)
- 11/12 (水) 理論セミナー 「Sim2Real マテリアルインフォマティクスによる生分解性高分子」
篠田恵子先生 (統計数理研究所)
- 11/13 (木) ISSP women's week 研究交流会
- 11/14 (金) ロールプレイ研修 (共催: 多様性包摂センター)



物性研究所談話会

標題：2次元物質半導体の電気制御による物性探索

日時：2025年12月3日(水) 午後3時～午後4時

場所：物性研究所本館6階 大講義室 (A632)

講師：島崎 佑也

要旨：

物性と制御、ということを考えて、私にとっては「制御できるようになってようやく理解への取っ掛かりがつかめた」と思うことが往々にしてある。物質を原子層レベルで構成し、さらに電気制御することは物性を理解する上での一つの極みである。2次元物質半導体は、そのための最も適した舞台の一つと言える。このような系ではハニカム格子構造によるトポロジカル物性、強い電子-正孔間相互作用による多彩な励起子物性、またモアレ干渉による超格子が生み出す強相関電子物性などを精密に電気制御できる。

本講演では二層グラフェン、遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)といった2次元物質半導体における電子物性を精密に電気制御した、一連の実験について紹介した。具体的には二層グラフェンにおける電場制御によるバレーホール効果の誘起、TMD モアレ格子系における強相関絶縁状態の電気制御と励起子センシングによる観測、励起子ウムラップ散乱による電荷秩序状態の検出、トンネル結合したモアレ格子の電気制御、電気制御による励起子-正孔フェッシュバハ共鳴の観測、ハイブリッド励起子状態の電気制御について紹介した。

最後に微細加工と精密電気制御を駆使した研究の今後の展望についても紹介した。

標題：ISSP Workshop - Topology, Entanglement, and Dynamics in Quantum Many-Body Systems (TEDQMB)

日時：2025年12月22日(月) 午後4時30分～午後5時35分

場所：Online 及び物性研究所本館6階 大講義室 (A632)

講師：押川 正毅

講演題目：遍歴物理学者のこれまでとこれから

標題：From Monopole Paradox to Perfect Transmission: How to convert particles through defects

日時：2025年12月8日(月) 午後3時～午後4時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：上田 篤

所属：ゲント大学 物理・天文学科

要旨：

What happens when a charged chiral fermion interacts with a monopole? This fundamental question has arisen within the standard model. Callan discovered that what bounces back is not the original fermion but rather a particle that sometimes has a fractional charge, suggesting a fraction of electrons. This paradox, known as the “monopole paradox,” has long posed interpretative challenges. Recently, a series of works have made progress on this topic, showing that the scattered particle can be viewed as a chiral fermion dressed with a topological string attached to the monopole. This string brings the fermion into the twisted sector, resulting in a fractional charge. This serves as a compelling example in field theory. But what about on the lattice?

In this talk, I will introduce analogous cases in condensed matter physics. When a pair of dual theories is coupled, we can design the interaction at the interface that exhibits perfect transmission for any wave packet. The particle that passes through the interface appears quite different from the original, as it is essentially disguised by a topological line. I will demonstrate a generic yet straightforward method to construct these models using matrix product unitaries and conclude by discussing the implications for some applications and the monopole paradox.

[1] C. G. Callan, Jr., Disappearing Dyons, *Phys. Rev. D* 25, 2141 (1982).

[2] M. van Beest, P. Boyle Smith, D. Delmastro, Z. Komargodski, and D. Tong, Monopoles, scattering, and generalized symmetries, *JHEP* 03, 014, arXiv:2306.07318.

[3] V. Loladze, T. Okui, and D. Tong, Dynamics of the Fermion-Rotor System (2025), arXiv:2508.21059.

[4] V. Loladze and T. Okui, Monopole-fermion scattering and the solution to the semiton–unitarity puzzle, *Phys. Rev. Lett.* 134, 051602 (2025).

[5] M. van Beest, P. Boyle Smith, D. Delmastro, R. Mouland, and D. Tong, Fermion-monopole scattering in the Standard Model, *JHEP* 08, 004, arXiv:2312.17746.

[6] A. Ueda, V. V. Linden, L. Lootens, J. Haegeman, P. Fendley, and F. Verstraete arXiv: 2510.26780.

標題：Symmetry Spans and Enforced Gaplessness

日時：2025年12月8日(月) 午後4時15分～午後5時15分

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：安藤 貴政

所属：京都大学 基礎物理学研究所

要旨：

Global symmetry is often useful in specifying ground states of quantum many-body systems; some symmetries forbid unique gapped ground states via anomaly-matching arguments, also known as Lieb–Schultz–Mattis type constraints. However, ruling out any gapped ground states, including degenerate ones, is significantly harder. Although anomalies of continuous symmetries can exclude such phases, realizing these anomalous symmetries exactly on lattices with finite-dimensional on-site Hilbert spaces is presumably impossible.

In this talk, we propose a different (but likely related) approach to exclude all gapped ground states in one spatial dimension. Specifically, we study situations where two different symmetries share a common symmetry—for example,

標題：微細加工と強磁場実験の協奏による新たな物性研究に向けて

日時：2025年12月12日(金) 午前11時～午後0時

場所：Online

講師：橋坂 昌幸 准教授

所属：物性研究所

要旨：

微細加工による物質の整形・素子化は、物質が本来もつミクロスコピックな物性を抽出し、その本質に迫るための極めて強力なアプローチである。東大物性研の量子物質ナノ構造ラボ（量子ナノラボ）では、微細加工を核として、物質開発と大型施設における先端計測を結びつける研究手法の開拓を進めている。本講演では、まず自己紹介を兼ねて、私がこれまで取り組んできた半導体量子輸送の研究を概説した。その後、量子ナノラボで現在進めている微細加工を基盤とした量子物質の研究を紹介し、今後の展望について述べた。微細加工技術と大型強磁場施設における実験を組み合わせることで、どのような新しい物性研究が可能になるのか——その可能性を皆さまと議論するきっかけとなれば幸いである。

標題：TensorMC: Markov-Chain Monte Carlo in Tensor-Network Representation

日時：2025年12月12日(金) 午後2時～午後3時

場所：Online 及び物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：Synge Todo

所属：Department of Physics, The University of Tokyo

要旨：

Markov chain Monte Carlo (MCMC) is a powerful tool for sampling from complex probability distributions. Despite its versatility, MCMC often suffers from strong autocorrelation and the negative sign problem, leading to slowing down the convergence of statistical errors. We propose a novel MCMC formulation based on tensor network representations to reduce the population variance and mitigate these issues systematically. By introducing stochastic projectors into the tensor network framework and employing Markov chain sampling, our method eliminates the systematic error associated with low-rank approximation in tensor contraction while maintaining the high accuracy of the tensor network method. We demonstrate the effectiveness of the proposed method on the two-dimensional Ising model, achieving an exponential reduction in statistical error with increasing bond dimension cutoff. Furthermore, we address the sign problem in systems with negative weights, showing significant improvements in average signs as bond dimension cutoff increases. We also show that the present framework can naturally be extended to sequential Monte Carlo (SMC).

References

[1] S. Todo, “Markov Chain Monte Carlo in Tensor Network Representation,” arXiv:2412.02974.



標題 : Local shot-noise on superconductors

日時 : 2025 年 12 月 16 日(火) 午後 3 時~

場所 : Online 及び物性研究所本館 6 階 第 5 セミナー室 (A615)

講師 : Dr. Yudai Sato

所属 : Faculty of Physics, Ludwig-Maximilians-University of Munich, Munich, Germany & Leiden

Institute of Physics, Leiden University, Leiden, The Netherlands

要旨 :

Shot noise in tunneling experiments reflects the Poissonian nature of charge transport, with the noise power directly proportional to the current and the effective charge of the tunneling carriers. This relation provides a powerful spectroscopic tool to probe electron pairing phenomena in superconductors [1, 2]. In this talk, I will report on two distinct applications of local shot-noise measurements using scanning tunneling microscopy to explore superconducting states.

First, I will present our shot-noise measurements on the cuprate high- T_c superconductors, $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_1\text{O}_{8+p}$, where a pseudogap state is observed. The origin of the pseudogap has long been debated, with hypotheses involving either precursor electron pairing or competing local orders. Our local noise measurements reveal that the pseudogap energy is associated with electron pairing [3], up to more than 70meV.

Second, I will present our results of multiple Andreev reflections (MAR). MAR processes in superconductor-insulator-superconductor (SIS) junctions involve successive Andreev reflections, resulting in the transfer of an effective charge ne [4]. We succeeded to measure MAR noise of an SIS junction on a Pb(111) surface by using a superconducting tip.

References

- [1] Y. M. Blanter and M. Büttiker, Shot noise in mesoscopic conductors. *Physics Reports*, 336, 1 (2000).
- [2] K. M. Bastiaans, D Cho, et al., Direct evidence for Cooper pairing without a spectral gap in a disordered superconductor above T_c , *Science* 374, 608 (2021).
- [3] J. Niu, M. O. Larrazabal, et al., Equivalence of pseudogap and pairing energy in a cuprate high-temperature superconductor, arXiv:2409.15928.
- [4] T. M. Klapwijk, G. E. Blonder, and M. Tinkham, *Physica (Amsterdam)* 109B & 110B, 1657 (1982).

標題 : Listening to the sound of superfluid

日時 : 2025 年 12 月 17 日(水) 午後 4 時 30 分~午後 5 時 20 分

場所 : 物性研究所本館 6 階 第 5 セミナー室 (A615)

講師 : Kin Chung Fong

所属 : Northeastern University

要旨 :

The exploration of unconventional superconductivity has entered a new frontier with the emergence of exotic phases in quantum materials—from moiré superlattices to topological semimetals. Probing the superfluid properties and pairing symmetry in these systems is essential to understanding their unconventional behavior, yet traditional techniques often falter when applied to atomically thin materials or those with extremely low critical temperatures. Here, we present a novel approach that “listens to the sound of superfluid” by probing the kinetic inductance of superconductors through microwave resonant cavities. Variations in superfluid stiffness perturb the cavity resonance frequency, enabling precise measurements of the London penetration depth with parts-per-million sensitivity. This

technique provides unprecedented access to the superfluid response in fragile and low-temperature superconductors. Applied to magic-angle twisted trilayer graphene and the Weyl semimetal MoTe_2 , our measurements uncover compelling signatures of nodal superconductivity. In twisted trilayer graphene, we observe a linear temperature dependence of the superfluid stiffness and a zero-temperature stiffness that scales linearly with the critical temperature—echoing Uemura’s relation in cuprates. In MoTe_2 , the penetration depth exhibits a T^2 dependence down to millikelvin temperatures. Most strikingly, both systems display the anomalous nonlinear Meissner effect, where the superfluid response becomes current-dependent—a hallmark of nodal quasiparticles. These results offer strong evidence for unconventional pairing in both moiré and topological superconductors, demonstrating how “listening” to the subtle resonances of quantum fluids can illuminate the hidden symmetries of correlated electron matter.

Ref.: A. Banerjee, et. al., Nature 638, 93 (2025).

Contact: Miuko Tanaka miukot@issp.u-tokyo.ac.jp

標題: Exotic spin states in new Ti^{3+} based quantum kagome antiferromagnets

日時: 2025年12月19日(金) 午前9時30分～午前11時

場所: 物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師: Prof. Seunghun Lee

所属: The University of Virginia, USA

要旨:

The pursuit of quantum spin liquid (QSL) states in condensed matter physics has drawn attention to kagome antiferromagnets (AFM) where a two-dimensional corner-sharing network of triangles frustrates conventional magnetic orders. While quantum kagome AFMs based on Cu^{2+} ($3d^9$, $s = 1/2$) ions have been extensively studied, there is so far little work beyond copper-based systems. Recently, several new kagome compounds were discovered where Ti^{3+} (d^1) forms the spin $1/2$ and F^- is the superexchange mediating ligand.[1] In this talk, we will discuss our recent studies, using bulk property and neutron scattering measurements, on single crystals of $\text{Cs}_8\text{RbK}_3\text{Ti}_{12}\text{F}_{48}$ [2] and $\text{Cs}_8\text{LiNa}_3\text{Ti}_{12}\text{F}_{48}$ [3].

References:

[1] Goto, M., Ueda, H. et al. Various disordered ground states and $1/3$ magnetization-plateau-like behavior in the $S = 1/2$ Ti^{3+} kagome lattice antiferromagnets $\text{Rb}_2\text{NaTi}_3\text{F}_{12}$, $\text{Cs}_2\text{NaTi}_3\text{F}_{12}$, and $\text{Cs}_2\text{KTi}_3\text{F}_{12}$. Phys. Rev. B 94, 104432 (2016).

[2] Thennakoon, A., Yokokura, R., Yang, Y. et al. Gapless dispersive continuum in a modulated quantum kagome antiferromagnet. Nat Commun 16, 3939 (2025).

[3] Unpublished

標題: 銅酸化物超伝導体の光誘起ジョセフソンプラズマ

日時: 2025年12月22日(月) 午後3時30分～午後4時30分

場所: 物性研究所本館6階 第2セミナー室 (A612)

講師: 西田 森彦

所属: Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter

要旨:

銅酸化物超伝導体は常温常圧下で最も高い超伝導転移温度を示す物質として、その座を40年近く守り続けているが、その超伝導発現機構については未解明な部分も多く、特に相図上に現れる種々の秩序相との関連においては統一的な理解



が得られていないのが現状である。そんな中、銅酸化物に対して超短パルスレーザーを照射することによって超伝導が誘起・増強されるという、いわゆる「光誘起超伝導」とよばれる現象が報告されてきた。本発表ではこの現象について、ジョセフソンプラズマ共鳴とよばれる銅酸化物超伝導体特有の現象を利用した実験結果を中心に紹介し、ランタン系・イットリウム系という2つの銅酸化物における「光誘起超伝導」の比較を通して、銅酸化物の秩序相と超伝導の関係性を議論した。

標題 : Non-Adiabatic Excited-State Time-Dependent GW (TDGW) Molecular Dynamics: A New Possible Paradigm for Accurately Traversing The Excited-State Dynamical Landscape

日時 : 2025年12月24日(水) 午後4時~午後5時

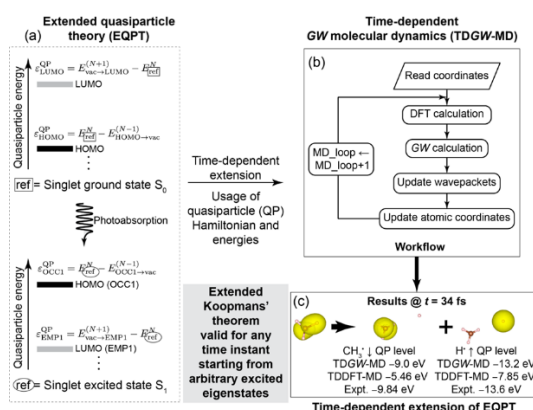
場所 : Online 及び物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師 : マンジャンナス アーディチャ

所属 : 国立研究開発法人物質・材料研究機構 (NIMS)

要旨 :

Time-dependent density functional theory molecular dynamics (TDDFT-MD) [1] is the usual workhorse for studying excited-state (ES) dynamics, since it is computationally inexpensive. However, TDDFT-MD inevitably relies on adiabatic local density approximation (ALDA) [2], which is valid only for the initial state being the ground state and not for any initially excited state such as in photochemical reactions. Therefore, the results obtained with TDDFT-MD based on ALDA may be unreliable. The extended quasiparticle theory (EQPT) [3] has been shown to completely solve this problem. It guarantees the applicability of the GW approximation to any excited eigenstate as the initial reference state, contrary to conventional wisdom in the GW community. We have recently developed for the first time, a non-adiabatic dynamics methodology based on EQPT known as time-dependent GW molecular dynamics (TDGW-MD) to overcome the problem of ALDA for ES dynamics [4]. TDGW-MD exactly satisfies extended Koopmans' theorem [5] and scales as $\sim O(NB^3-4)$, NB – number of basis functions, which is distinctly advantageous to performing dynamics using configuration interaction. In the poster, I will show the mechanisms of important photochemical reactions using TDGW-MD, such as (a) the photolysis of methane [4, 6] as well as (b) the ring-opening mechanism in oxirane, as a way to demonstrate how TDGW-MD can be a major step towards traversing the excited-state dynamical landscape accurately.



References:

- [1] E. Runge and E. K. U. Gross, Phys. Rev. Lett. 52, 997 (1984).
- [2] M. Petersilka, U. J. Gossmann, and E. K. U. Gross, Phys. Rev. Lett. 76, 1212 (1996).
- [3] K. Ohno, S. Ono, and T. Isobe, J. Chem. Phys. 146, 084108 (2017).
- [4] A. Manjanath et al., J. Chem. Phys. 160, 184102 (2024).
- [5] D. W. Smith and O. W. Day, J. Chem. Phys. 62, 113 (1975).



dependent variational principle (TDVP), the same strategy applies. CBE alleviates the numerical difficulties of the standard, fixed-rank one-site TDVP integrator, and thereby greatly extends the time window over which time evolution can be simulated accurately and reliably.

The implementation of CBE-DMRG/TDVP does not require a high degree of technical sophistication. Hence, existing, optimized MPS codes can be easily adapted. We will illustrate the performance of CBE with several numerical examples on finite quantum lattices which carry interesting physics.

標題：らせん磁性金属のスピンロニクス：磁気キラリティーの制御、検出、活用

日時：2026年1月16日(金) 午前11時～午後0時

場所：Online

講師：増田 英俊 講師

所属：東北大学金属材料研究所

要旨：

らせん磁気構造は局在スピンの向きがらせんを描いて秩序化した磁気構造であり、空間反転対称性を破るため、らせんの右巻き・左巻きに対応するキラリティー（ヘリシティ、巻き方）の自由度をもつ。らせん磁性金属に電流と磁場を印加することで、この磁気キラリティーを自由に制御することができることが、最近の研究で明らかになった。さらにこの発見が波及することで、磁気キラリティーがさまざまな非自明な応答をもたらすことが明らかになりつつある。本セミナーではらせん磁性金属における磁気キラリティーの制御と検出の手法を説明し、最近の研究の展開を紹介した。

標題：Novel Electron Optics Combining PEEM, XPEEM, ARPES and RIXS in a Single Instrument

日時：2026年1月26日(月) 午後1時30分～午後3時

場所：物性研究所本館6階 第2セミナー室 (A612)

講師：Olena Tkach 氏

所属：Johannes Gutenberg University of Mainz, Germany

要旨：

The instrumentation required for Photoemission Electron Microscopy (PEEM) and its variant using X-ray excitation (XPEEM), Angle-Resolved Photoelectron Spectroscopy (ARPES) and Resonant Inelastic X-ray Spectroscopy (RIXS) is usually completely different. PEEM and XPEEM use imaging microscope columns, ARPES uses electron spectrometers, primarily hemispherical ones, whereas RIXS requires high-resolution X-ray spectrometers with long optical paths to achieve the desired resolution. In a special time-of-flight photoelectron microscope, we combined in one electron column similar to a PEEM, photoelectron momentum microscopy (MM) [1] – imaging of the backfocal plane of the objective lens, a powerful ARPES approach – with the concept of PAXRIXS [2]. Here, the RIXS photon spectrum is ‘translated’ into a photoelectron spectrum using an ultrathin converter foil. In this configuration, the microscope operates in XPEEM mode, capturing real-space (Gaussian) images of the converter foil, which has a diameter of several millimeters.

The position at which a RIXS photon hit the converter is a measure for the momentum transfer. The setup thus combines four operating modes: Real-space imaging using UV excitation (for checking the probing region), XPEEM for checking the chemical composition (with resolution down to the 100nm range), k-imaging for ARPES (with performance comparable to conventional ARPES) and XPEEM at a core level of the converter foil for capturing the RIXS spectrum and band dispersion. Switching between the modes can be done without moving the sample, thus keeping the probing spot fixed. In the MM mode with removed converter, the distance between the sample and

extractor electrode is large (typically 14 mm). For RIXS, the converter foil is moved between the sample and the extractor, and fields-of-view of several mm are imaged – far beyond usual fields-of-view in PEEM or XPEEM. This is facilitated by a novel type of front lens which enables various operating modes [3]. Ultrathin Au, Ag, and Pt converter foils provide energy resolutions between 20 meV and 400 meV.

[1] Medjanik et al., Nat. Mater 16, 615 (2017);

[2] Dakovski et al., J. Synchrotron Radiat. 24 (2017) 1180;

[3] Tkach et al., Ultramic.276 (2025) 114167.

標題：How Do Phonons See Lattice Chirality?

日時：2026年2月6日(金) 午後4時～午後5時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：常次 宏一

所属：物性研究所

要旨：

Crystals whose structures lack both inversion and mirror symmetries are chiral. Some of their phonon modes, known as *chiral phonons*, exhibit energy splittings associated with the internal angular momenta referred to as crystal (or pseudo-) angular momentum (CAM/PAM). In this talk, I address a simple yet fundamental question: *what is a concise indicator* that quantifies these splittings and directly reflect lattice chirality? To this end, we construct minimal models of lattice dynamical matrices with single and multiple chiral axes and analyze phonon dynamics while continuously tuning the degree of lattice chirality.

標題：Quasiparticle Interference as a tool to understand quantum materials

日時：2026年2月9日(月) 午後3時～午後4時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：Peter Wahl 氏

所属：SUPA, School of Physics and Astronomy, University of St Andrews, St Andrews / Physikalisches Institut, Universität Bonn, Bonn

要旨：

Quasiparticle interference, the scattering of itinerant electrons at defects, has since its discovery about 30 years ago[1] developed into a powerful tool to study the electronic structure of materials. It enables a method based on real space imaging, scanning tunnelling microscopy, to determine k-space electronic structure. The extraction is, however, indirect, so far largely based on qualitative analysis. Recent advances in simulations of quasiparticle interference have made it possible to extract quantitative information about the band structure of correlated materials from measurements of QPI.[2] In my talk, I will review the recent progress on modelling QPI, and demonstrate for a few select strongly correlated electron materials the level of precision that can be achieved in determining the electronic structure, and how the realistic modelling allows to benchmark theories against experiments and obtain a deep understanding of the underlying physics of the interacting electron systems.[3-5] This work was done in close collaboration with C.A. Marques, O. Armitage, L.C. Rhodes, W. Osmolska, H. Lane, I. Benedičič, and M. Naritsuka and the group of Prof Phil King.



References

- [1] Y. Hasegawa and Ph. Avouris, Phys. Rev. Lett. 71, 1071 (1993); M. F. Crommie et al., Nature 363, 524 (1993).
- [2] P. Choubey, et al., Phys. Rev. B 90, 134520; P. Wahl et al., calcQPI: A versatile tool to simulate quasiparticle interference, SciPost Codebases 61 (2025).
- [3] C.A. Marques et al., Adv. Mat. 33, 2100593 (2021).
- [4] M. Naritsuka et al., Compass-like manipulation of electronic nematicity in Sr₃Ru₂O₇, PNAS 120, e2308972120 (2023).
- [5] C.A. Marques et al., Spin-orbit coupling induced Van Hove singularity in proximity to a Lifshitz transition in Sr₄Ru₃O₁₀, npj Quant. Mat. 9, 35 (2024).

標題：Machine-learning-assisted development of density functional theory

日時：2026年2月13日(金) 午後4時～午後5時

場所：Online 及び物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：明石 遼介

所属：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

要旨：

Density functional theory (DFT) [1] provides an alternative representation of quantum many-body states to the wavefunction formalism. Its central theorems establish that the ground state of a many-electron system is uniquely determined by the electron number density distribution $n(\mathbf{r})$ in real space. Based on this principle, the Kohn–Sham equations [2], which form the foundation of modern first-principles electronic-structure calculations, are derived.

A central challenge in DFT is the construction of accurate models for the exchange–correlation energy E_{xc} as a functional of $n(\mathbf{r})$. This term represents many-body effects that cannot be accounted for by the classical electrostatic interaction alone. Developing reliable approximations for E_{xc} has long been a grand challenge in quantum mechanics and is essential for extending the predictive power and applicability of first-principles calculations. However, analytical development of exchange–correlation approximations is intrinsically difficult. One seeks formulas that relate $n(\mathbf{r})$ and the corresponding E_{xc} , which are both outputs of the Schrödinger equation. The task can therefore be viewed as approximating the sequential inverse-and-forward solution of the Schrödinger equation.

Recently, the rapid progress of machine-learning (ML) techniques has enabled new approaches to the construction of exchange–correlation and other density functionals. These approaches can in essence be viewed as a sophisticated extension of traditional parameter fitting, but they have also yielded new practical tools and insights into the structure of DFT, as demonstrated by studies [3].

In this talk, I provide a brief introduction to the fundamentals of DFT and review recent developments in ML-based density functional construction. Some recent results will also be presented.

[1] P. Hohenberg, W. Kohn, Phys. Rev. 136, B864 (1964)

[2] W. Kohn and L. J. Sham, Phys. Rev. 140, A1133 (1965)

[3] RA, M. Sogal and K. Burke, arXiv:2503.01709

標題：Neutron and X-ray Studies on a Highly Frustrated Pyrochlore Ruthenate

日時：2026年2月13日(金) 午後2時～午後3時

場所：物性研究所本館6階 第2セミナー室 (A612)

講師：Dr. Sungkyun Choi

所属：Center for Van der Waals Quantum Solids, Institute for Basic Science, Republic of Korea

要旨：

Pyrochlore oxides are promising platforms for investigating emerging quantum phases. In previous decades, significant attention has been given to spin-1/2 pyrochlore compounds. In contrast, spin-1 counterparts have received considerably less attention. The fundamental distinction between half-integer and integer spin moments implies a qualitative difference in their magnetic properties. Thus, spin-integer pyrochlore oxides offer new opportunities for discovering novel electronic states. In this seminar, we present the unusual magnetism of the spin-1 pyrochlore ruthenate $\text{Nd}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ within the $\text{R}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ ($\text{R} = \text{Y}$ and rare-earth ions) family. After optimizing sample growth, we performed neutron and X-ray scattering measurements on the high-quality sample, studying its magnetic structure and excitations, supported by ab-initio calculations. Through systematic analysis, we propose a nontrivial magnetic order and discuss its physical implications related to geometrically frustrated magnetism.



東京大学物性研究所人事異動一覧

【研究部門等】

発令日	氏名	部門・施設名等	職名	備考
-----	----	---------	----	----

〈辞職〉

R8.2.28	井戸 康太	附属物質設計評価施設 大型計算機室	助教	国立大学法人山口大学 准教授へ
---------	-------	-------------------	----	-----------------

東京大学物性研究所教員公募について

1. 職名および人数
教授または准教授 1 名
2. 所属
物性研究所 多様物性研究部門 (2026 年 4 月発足予定)
3. 就業場所
東京大学 柏キャンパス (千葉県柏市柏の葉 5-1-5)
変更の範囲: 変更がある場合には、本学の指定する場所に限る。ただし、配置換又は出向を意に反して命じられることは原則としてない。詳細は東京大学教員の就業に関する規程第 4 条による。
4. 公募・業務内容
物質の表面・界面における電子・原子・分子・イオンの動的過程・反応・機能発現などについて、化学と物理を軸足としたマルチスケールな視点から実験的研究を推進する研究者を公募する。物性研究所の各部門・施設・センターと連携して共同研究・共同利用を進め、当該領域の国内外のハブとなるリーダーシップを発揮する研究者を希望する。
変更の範囲: 配置換、兼務又は出向を命じることがある。ただし、意に反して命じられることは原則としてない。詳細は東京大学教員の就業に関する規程第 4 条による。
5. 応募資格
博士号または同等の資格を有する、または着任までに取得見込の方
6. 雇用開始日
採用決定後なるべく早い時期 (2026 年度中を希望)
7. 任期および更新の有無
満 56 歳に達する年度の始めに任期 5 年の任期制に入り、再任は 1 回を限度とする。なお、任期制の詳細については下記照会先に問い合わせること
8. 試用期間
採用された日から 6 ヶ月間 (東京大学教職員就業規則第 8 条による)
9. 応募締切
令和 8 年 5 月 8 日 (金曜日) 必着
10. 提出書類
(イ) 応募の場合
 履歴書 (東京大学統一履歴書 (<https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/about/jobs/r01.html>) を用いること)
 業績リスト (特に重要な論文に○印を付けること)
 主要論文 (5 編)
 研究業績の概要 (A4 用紙 2-3 枚程度)
 研究計画書 (A4 用紙 2-3 枚程度)
 応募者についての推薦書または意見書 (作成者から以下応募フォーム記載のアップロード URL に直送)
 学生に対するセクハラ・性暴力等を原因とする過去の刑事罰、行政処分及び懲戒処分にかかる申告書
<https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/docs/notice-harassment-1.docx>
(詳細)
<https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/docs/notice-harassment-2.pdf>
(ロ) 推薦の場合
 履歴書 (東京大学統一履歴書 (<https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/about/jobs/r01.html>) を用いること)
 業績リスト (特に重要な論文に○印を付けること)
 主要論文 (5 編)
 研究業績の概要 (A4 用紙 2-3 枚程度)
 研究計画書 (A4 用紙 2-3 枚程度)



編集後記

厳しい寒さも和らいできた3月下旬にこの編集後記を書いています。今回の物性研だよりでもたくさんの研究紹介記事が掲載されており、物性研の皆さんが変わらず精力的に活動されている様子がうかがい知れます。

研究紹介記事の1件目から3件目はタンパク質を対象とした研究で、ロドプシンの集光アンテナと光サイクル加速色素を発見した研究、ナノスプリングを用いて神経疾患タンパク質の力学異常を測定した研究、紫外光応答イオンチャネルを発見した研究になります。4件目はキラリティ誘起スピン選択性に関する話題で、分子振動によるスピン偏極がキラル分子のエネンチオマー選択性を誘起することを観測した結果です。5件目は磁性の一次元化が起こるような異方的三角反強磁性体の元素置換による系統的な研究結果で、6件目はカゴメ格子を持つ金属の特異なホール効果に関して移動度スペクトル解析によって新しい知見を得た成果になります。また、続くページには受賞報告や島崎先生と佐藤先生の着任の挨拶等の記事が掲載されておりますので是非一読ください。

各記事を拝見しますと、物質科学における研究対象や実験・解析手法の広がり一段と加速してきていることが感じられます。物性研は4月から新体制を迎えますが（本号は今回の改組後に皆様のお手元に届く最初の物性研だよりということになるかと思えます）、今後の展開が大変楽しみです。物性研の全メンバーが、この新しい展開を楽しみながら、研究の幅を広げて益々活躍されることを期待しております。

井手上 敏也

物性研だよりの購読について

物性研だより発行のメール連絡を希望される方は共同利用係まで連絡願います。

また、物性研だよりの送付について下記の変更がある場合は、お手数ですが共同利用係まで連絡願います。

記

1. 送付先住所変更（勤務先⇔自宅等）
2. 所属・職名変更
3. 氏名修正（誤字脱字等）
4. 配信停止
5. 送付冊数変更（機関送付分）
6. メール配信への変更

変更連絡先：東京大学物性研究所共同利用係

〒277-8581 柏市柏の葉 5-1-5

メール：issp-kyodo@issp.u-tokyo.ac.jp