

# 相関設計で挑む量子創発

## News Letter Vol. 2

2026 年 1 月 発行

### 目次

2025 年度領域会議報告 .....	1
A01 スピンの無秩序、秩序、高次構造の設計と制御 .....	4
A03 強相関電子系に対する学際的視点からのアプローチ .....	6
B01 トポロジカル相と非エルミート性 .....	7
B02 スピン流・カイラルフォノン流・スピントクスチャの生成法の理論提案 .....	8
B03 科学ソフトウェア開発とメンテナンス .....	9
国際ワークショップ “Challenges in Designing Room Temperature Superconductors” 開催 報告 .....	10
国際会議報告 “The International Workshop on Exotic Quantum Phases due to Unhappy Electrons” .....	11
山田研究会: 量子液晶概念を基盤とした新奇物性科学の若手学際研究 .....	12
スピン液体のスピンノイズを探る—「相関設計」セミナーにおける成果発表 .....	13
受賞報告 .....	15
開催報告 .....	16
今後の予定 .....	19
編集後記 .....	20



令和 7 年度~令和 11 年度 相関設計で挑む量子創発

<https://cds.phys.s.u-tokyo.ac.jp/>

## 2025 年度領域会議報告

A03 班 花栗 哲郎

12月15日、16日の2日間にわたって理化学研究所和光キャンパス本部棟大会議室で2025年度領域会議を開催しました。107名の参加登録があり、計画班員による口頭講演に加えて、一般参加者による61件のポスター発表（内1件取り消し）が行われました。口頭講演では、概ね班ごとにセッションが組まれ、超伝導、非平衡・非線形、トポロジカル物性、スピン相関、量子金属、計算科学の各分野に関して本年度の成果が発表されました。その内容は、超伝導ダイオード効果、カゴメ金属、Ni系高温超伝導体、 $\text{UTe}_2$ 等、既存の現象・物質の研究を深化させるものから、新概念、新モデル、新物質に基づく新物性の提案まで多岐にわたりました。さらに、研究を進展させる上で欠かせない手法開発に関して、第一原理計算、非平衡現象計測、磁気センシングに関する興味深い成果が報告されました。ポスターセッションでも極めて活発な議論が行われ、終了後の休憩時間が過ぎてもなお、ほとんどの参加者がポスター会場に残っている盛況ぶりでした。また、ポスター賞の選考が若手ポスター発表者を対象に行われ、厳正な審査の結果、北村泰晟、佐藤雄貴、二本木克旭、松本亜巳、目黒智成の5氏が受賞されました。会議の最後には、評価委員の川上則雄先生、小池洋二先生からコメントを頂き、興味深い研究が進行していること、様々な形での共同研究が行われていること、合宿形式での研究会が若手中心に企画されたことなどを高く評価して頂いた一方、発表内容が多岐にわたるために、発表は専門的になり過ぎないように一般的なわかりやすい説明を心がけるべきであるというご批判も頂きました。最後に、本領域会議を開催するにあたり、運営事務を担っていただいた有田チーム秘書の穂山さん、小南さん、ポスター会場の設営やタイムキーパー、マイクランナーでご協力いただいた、有田チーム、花栗チームのメンバーに感謝いたします。



図1 理研本部棟ロビーで撮影した集合写真

学術変革領域研究「相関設計で挑む量子創発」2025年度領域会議プログラム  
於：理化学研究所和光キャンパス本部棟大会議室

12月15日(月)

10:00-10:05 Announcements

10:05-10:15 有田 亮太郎 Opening remarks

Session 1: 座長: 紺谷浩

10:15-10:40 柳瀬 陽一 Theoretical design of superconducting diode effect by nonequilibrium and dynamical control, electron correlation, and Anderson localization

10:40-11:00 星野 晋太郎 Interdisciplinary theoretical approaches to strongly correlated electron systems

11:00-11:20 花栗 哲郎 Ultralow-temperature STM studies on novel superconducting phenomena

11:20-11:40 青木 大 Spin-triplet superconductivity under extreme conditions in  $\text{UTe}_2$

11:40-12:00 成田 秀樹 Nonreciprocal responses in noncentrosymmetric superconducting multilayers

12:00-13:10 昼食休憩

Session 2: 座長: 遠山 貴巳

13:10-13:35 和達 大樹 Development of X-ray time-resolved measurements and Raman spectroscopy for observing charge and spin dynamics

13:35-13:55 辻 直人 Anomalous optical and transport response of superconductors with Lifshitz invariant

13:55-14:15 石坂 香子 Ultrafast transmission electron microscopy for visualizing nonequilibrium dynamics in quantum materials

14:15-14:35 島野 亮 Nonlinear terahertz spectroscopy of collective modes in superconductors

14:35-14:50 休憩

Session 3: 座長: 柳瀬 陽一

14:50-15:15 野村 健太郎 Effective model study of spin-torque effect in compensated ferrimagnetic Weyl semimetals

15:15-15:35 佐藤 昌利 Non-Hermitian topological phenomena in condensed matter physics

15:35-15:55 水島 健 Theory of Andreev and noise spectroscopy in the topological superconductor  $\text{UTe}_2$

15:55-16:15 中辻 知 Spintronics of topological antiferromagnets & altermagnets

16:15-16:30 休憩

Session 4: 座長: 有田 亮太郎

16:30-16:50 塚崎 敦 Thin films studies on quantum materials

16:50-17:10 近藤 猛 Fermiology and skyrmions in centrosymmetric magnets: An ARPES perspective

17:10-17:30 求 幸年 Magnetic hopfions: Crystallization and dynamics

17:30-17:50 Nic Shannon Theory of quantum matter unit, by design

18:00-20:00 懇親会(理研食堂)

12月16日(火)

Session 5: 座長: 芝内 孝禎

9:20-9:45 田財 里奈 Superconductivity and non-reciprocal transport in kagome metals  $AV_3Sb_5$

9:45-10:05 紺谷 浩 Nature and origins of unconventional density waves and superconductivity in kagome metals and bilayer nickelates

10:05-10:25 遠山 貴巳 Superconductivity in two-dimensional quasicrystals

10:25-10:40 休憩

Session 6: 座長: 和達 大樹

10:40-11:00 芝内 孝禎 Charge-spin dichotomy in the kagome metal  $CsCr_3Sb_5$

11:00-11:20 小林 研介 Exploring condensed matter physics with diamond NV centers

11:20-11:40 高橋 英史 Exploration of anomalous metallic states emerged from coupled magnetism and polarity

11:40-12:00 大串 研也 Exploratory synthesis and characterization of Kitaev spin liquid candidate materials

12:00-13:10 昼食休憩

13:10-15:10 Poster Session 61件(内1件取り消し)

15:10-15:20 休憩

Session 7: 座長: 辻 直人

15:20-15:45 只野 央将 Ab initio structure optimization at finite temperatures: Code development and application to  $La_3Ni_2O_7$

15:45-16:05 東後 篤史 Software development for first-principles electron-phonon interaction calculations using the supercell approach with finite-displacements

16:05-16:25 黒木 和彦 Theoretical study on unconventional pairing mechanism in multilayer nickelate superconductors

16:25-16:45 有田 亮太郎 First-principles calculation of coherence length and magnetic penetration depth based on superconducting density functional theory

16:45-16:55 休憩

Closing Session: 座長: 大串 研也

16:55-17:05 Best poster award ceremony

17:05-17:15 川上 則雄 Comment from advisory board member

17:15-17:25 小池 洋二 Comment from advisory board member

17:25-17:30 有田 亮太郎 Closing remarks

## A01 スピンの無秩序、秩序、高次構造の設計と制御

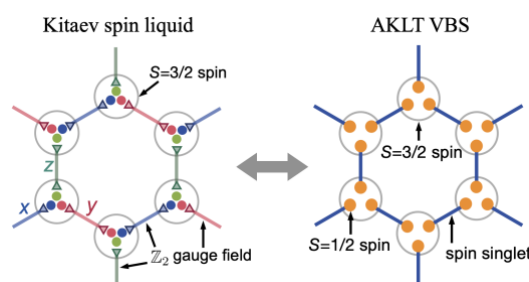
A01 班 求 幸年

我々のグループでは、主に大規模数値計算を駆使し、磁性体におけるスピン相関の理論設計に取り組んでいます。ここでは最新の成果を2つ紹介します。

### ① 量子無秩序状態間の相転移と相競合

ある種の磁性体では、フラストレーションがスピン相関の成長を妨げ、量子スピン液体などの無秩序状態が発現します。従来は、秩序相同士の競合や秩序-無秩序相の間の相転移が主に研究されてきましたが、無秩序相同士の相転移や相競合はほとんど未解明でした。

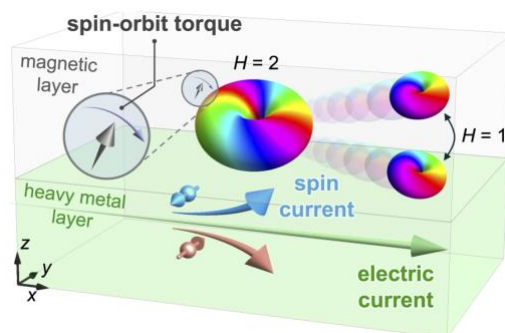
そこで我々は、量子カオスを記述する Sachdev-Ye-Kitaev (SYK) モデルをスピン系に拡張し、スピン液体とスピングラスの相転移を数値的に解析しました[1]。その結果、スピン液体の安定性が相互作用の異方性に強く依存すること、また相転移の性質が系のサイズや相互作用に含まれるスピン数にスケールすることを明らかにしました。また、異なる量子スピン液体間の競合を理解するため、 $S=3/2$  スピンモデルにおける Kitaev スピン液体と Affleck-Kennedy-Lieb-Tasaki (AKLT) 状態の競合を調べました(右図)[2]。その結果、量子揺らぎによって非共面秩序が融解し、量子的にエンタングルした新しい無秩序状態が出現する可能性を見出しました。これらの成果は、量子的な無秩序相間の競合が新しいスピン状態探索の重要な指針となることを示唆しています。



### ② 磁気ホプフィオンの結晶化とダイナミクス

近年、1次元、2次元のソリトンであるカイラルソリトンやスキルミオンの3次元版に相当するホプフィオンが磁性体中で観測され、その特異な紐状のトポロジーが大きな注目を集めています。スキルミオンは結晶構造を形成し特徴的な磁性や輸送現象を示すことが知られていますが、ホプフィオンの安定な結晶状態はこれまで実現していませんでした。

そこで我々は、ホプフィオン間の相互作用を解析し、容易面型フラストレート磁性体において、ホプフィオンが3次元配列した超構造を形成し得ることを発見しました[3]。この状態は多重 $Q$ 秩序とみなすことができ、非共面スピン配置に由来するトポロジカル輸送現象の発現も期待されます。さらに、ホプフィオン間には引力が働き、融合してホップ数の大きな構造を形成される一方、スピン軌道トルクを印加すると逆に分裂して小さなホップ数へと転移することを見出しました(右図)[4]。この動的転移を様々なホップ数を持つホプフィオンに対して系統的に解析し、非平衡定常状態相図に階層構造が現れることも明らかにしました。これらの成果は、3次元的な高次トポロジカル磁気構造であるホプフィオンを活用した新しい磁気デバイス創成の基盤を提供するものです。



参考文献

- [1] S. Wadashima and Y. Motome, Phys. Rev. B **112**, 214204 (2025). [<https://doi.org/10.1103/r5d6-2cbv>]
- [2] S. Ikegami, K. Fukui, R. Pohle, and Y. Motome, arXiv: 2512.06322. [<https://arxiv.org/abs/2512.06322>]
- [3] S. Kasai, K. Shimizu, S. Okumura, Y. Kato, and Y. Motome, Phys. Rev. B **112**, 184424 (2025). [<https://doi.org/10.1103/111y-9gnq>]
- [4] S. Kasai, S. Okumura, and Y. Motome, arXiv:2511.23027. [<https://arxiv.org/abs/2511.23027>]; arXiv: 2511.23045. [<https://arxiv.org/abs/2511.23045>]

求 幸年 (東京大学・大学院工学系研究科・教授)  
研究室 HP: <https://www.motome-lab.t.u-tokyo.ac.jp>



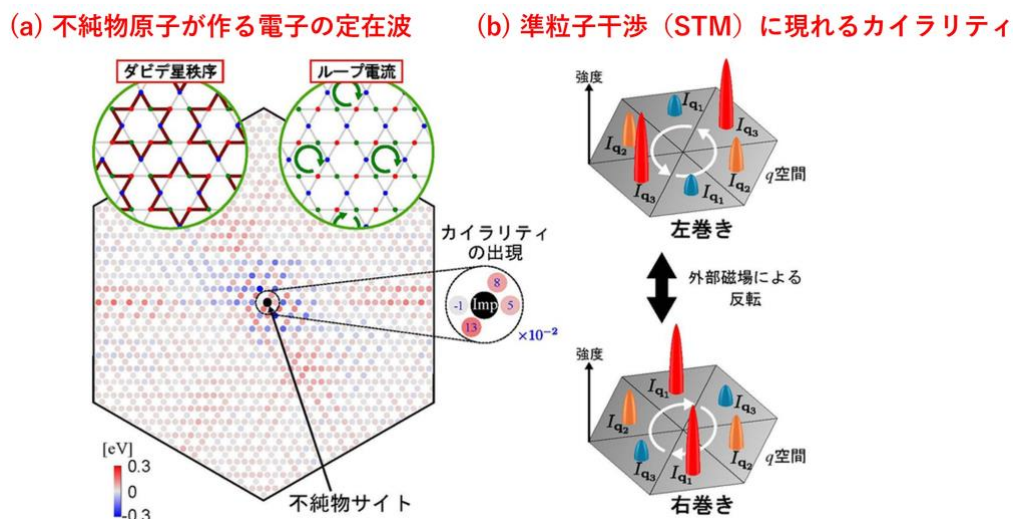
## A02 カゴメ格子超伝導体および二層ニッケル酸化物超伝導体における 新奇的な量子秩序および超伝導の理論研究

A02 班 紺谷 浩

近年発見されたカゴメ金属や二層ニッケル酸化物超伝導体には、従来にはない興味深い量子秩序が存在し、非相反輸送現象 [1]、カイラル電子状態 [2]、カイラル超伝導 [3] や  $T_c \sim 80\text{K}$  に達する高温超伝導 [4] など、新しい量子特性が現れます。これらの現象は、場の理論における「バーテックス補正」によってはじめて理解される「平均場近似を超えた電子相関」の重要性を物語っています [5]。本稿では 2025 年に発表した研究成果[1-7]について紹介します。

カゴメ金属  $\text{AV}_3\text{Sb}_5$  ( $\text{A} = \text{Cs, Rb, K}$ ) では、時間反転対称性を破る複素数の電荷密度波「ループ電流秩序」が起源となり、さまざまな特異な物性が観測されています。私たちはこれまでに、巨大な非相反輸送現象 [1] や、不純物によって誘起されるカイラル電子状態 [2] の理論研究を行ってきました。さらに、ダビデ星型の密度波相の内部で現れる「4 周期電荷ストライプ秩序」の仕組みも明らかにしました [6]。

二層ニッケル酸化物では、電荷密度波 (CDW) とスピン密度波 (SDW) が共存する興味深い電子状態が現れます。私たちは、この「CDW+SDW 共存状態」が平均場を超える電子相関によって生じることを示しました [4]。また、CDW と SDW の複合的な揺らぎによって引き起こされる高温超伝導の新しい機構も提案しています [4]。加えて、縮退したバンド構造に由来する「量子計量」に着目し、非フェルミ液体的な振る舞いについても解析しました [7]。



### 参考文献

- [1] R. Tazai, Y. Yamakawa, T. Morimoto, and H. Kontani, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A **122**, e2503645122 (2025).  
プレスリリース「カゴメ金属における“電子の一方通行”新原理を発見」
- [2] S. Nakazawa, R. Tazai, Y. Yamakawa, S. Onari, and H. Kontani, Nat. Commun. **16**, 9545 (2025).  
プレスリリース「電子が描くナノスケールの右巻き・左巻きの波紋」
- [3] R. Tazai, Y. Yamakawa and H. Kontani, arXiv: 2508.04433 (2025).
- [4] D. Inoue, Y. Yamakawa, S. Onari, and H. Kontani, arXiv:2503.12925 (2025). (to be published in Commun. Phys.)
- [5] Y. Yamakawa and H. Kontani, arXiv:2508.19536 (2025).
- [6] Y. Murata, R. Tazai, Y. Yamakawa, S. Onari, and H. Kontani, arXiv:2511.06995 (2025).
- [7] S. Onari and H. Kontani, arXiv:2508.17668 (2025).

紺谷 浩 (名古屋大学・大学院理学研究科・教授)  
HP 情報 <https://www.s.phys.nagoya-u.ac.jp/>

## A03 強相関電子系に対する学際的視点からのアプローチ

A03 班 星野 晋太郎

強相関電子系の理論において、学際的にアプローチすることによって新しい方向性を開拓することを目指しています。「学際」とは複数の学問分野にまたがるという意味ですが、ここでは軸足は強相関電子系に置き、もう片方の足を様々な異分野へと伸ばして、そこにある有用な方法論を取り入れることを意味します。これにより、(a)定性的に新しい現象を予言・新しい視点を開拓すること、そして(b)定量的な理論計算手法を開発して実験結果を予測することを目指します。

(a)に関しては、もともと素粒子物理学や量子化学の基礎として発展してきた**相対論的量子論**にもとづく手法を固体物理へ導入することで、物質科学における新たな視点や、従来知られていなかった物理現象を探索しています。強相関電子系では原子内に局在した電子が相互作用を通じて様々な興味深い現象を発現しますが、その振る舞いを理解するためには原子軌道にある電子の局所自由度を適切に分類することが不可欠です。この考察を突き詰めると、ディラック場（相対論的電子場）から導かれる物理量である電子カイラリティを考える必要があることが明らかとなりました[1,2]。さらに、物質中の相対論効果はスピン軌道相互作用が有名ですが、他にも様々なものがあります[3]。特にクーロン相互作用に対する相対論補正（ブライト相互作用）は、古典的には平行電流間の引力（アンペール力）に対応するものであり、クーパー対を形成しうる興味深い効果です。

一方で(b)に関しては、**コヒーレント状態**と呼ばれる様々な分野で応用されている手法を、統計力学的場の理論と組み合わせることで、電子系を定量的に記述することを目指しています。各強相関系物質の平衡・非平衡両方の性質を定量的に明らかにするには、第一原理計算から得られる詳細な電子状態の情報を取り込むことが必要です。我々はまず強相関（モット）絶縁体を対象とし、現実的なタイトバインディングモデルに基づいた多軌道ハバード模型の強結合極限から有効ハミルトニアンを構築し、その平衡状態の性質を解析しました[4]。さらに非平衡ダイナミクスに対して、 $SU(N)$  コヒーレント状態を用いた経路積分の枠組みにより、多軌道系の準古典的運動方程式を定式化しています[5]。この研究は本領域 A01, A03, B03 班の班間連携による成果でもあります。最近では、 $SU(N)$  コヒーレント状態の手法はフェルミオン系へも拡張できることがわかってきました[6]。

以上のように、我々は強相関電子系の理解に向けて、学際的な理論手法を取り込んだ研究を行っています。今後はこれらに加えて、**量子計量**[7]などの新しい視点をさらに検討し（図1）、強相関電子系の新展開を探っていきます。



図 1: 現在取り組んでいる、強相関電子系に対する学際的な理論アプローチ。

### 参考文献

- [1] S. Hoshino, M.-T. Suzuki, H. Ikeda, Phys. Rev. Lett. **130**, 256801 (2023).
- [2] T. Miki, H. Ikeda, M.-T. Suzuki, S. Hoshino, Phys. Rev. Lett. **134**, 226401 (2025).
- [3] S. Hoshino et al., arXiv:2311.05294 (2023), arXiv:2408.16983 (2024).
- [4] R. Iwazaki, H. Shinaoka, S. Hoshino, Phys. Rev. B **108**, L241108 (2023).
- [5] R. Pohle, Y. Motome, T. Tadano, S. Hoshino, arXiv:2507.19764 (2025).
- [6] Y. Yamasaki, H. Suwa, S. Hoshino, JPS Autumn Meeting (2024, 2025).
- [7] レビューとして A. Gao, N. Nagaosa, N. Ni, S.-Y. Xu, arXiv:2508.00469 (2025).

星野晋太郎（千葉大学・理学研究院・准教授）

<https://physics.s.chiba-u.ac.jp/hoshino/>



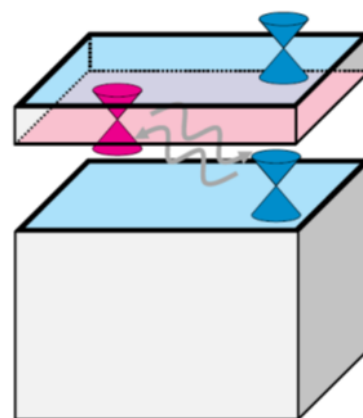
## B01 トポロジカル相と非エルミート性

B01 班 佐藤 昌利

量子力学では、ハミルトニアンはエルミート演算子であることが仮定されています。これは、1) 対応する観測量であるエネルギーが実数であることと、それと、2) 量子力学の基礎原理である確率解釈のためには、ハミルトニアンを使って与えられるシュレーディンガー方程式が、波動関数の振幅を保存しないといけないこと、の2つの理由から要請されています。これらは、量子力学の根幹に関する要請であるため、多くの人は、ハミルトニアンのエルミート性に関しては、疑う余地がないと考えていると思います。

一方、現実の系において観測される状態のエネルギーが、必ずしも実数となっておらず、他の状態に遷移したり、崩壊したりすることで、虚部を持つことがあるということもよく知られています。これは、励起するのが簡単なギャップのない状態がしばしば示す性質で、例えば、金属中の電子は、他の電子との相互作用の結果、有限の寿命を持っており、通常、この効果はエネルギーの虚部として取り入れられています。したがって、ハミルトニアンがエルミート演算子であっても、実際に調べたいと思っている状態や現象を記述するには、元のハミルトニアンでなく、エルミート性がない有効的なハミルトニアンを使う方が便利であるということが起こりえます。

このようにして現れる有効理論における非エルミート性というのは、たいていの場合、単に状態を不安定性にし、系のコヒーレンスをなくす方向に働くので、量子特有の現象を見えにくくするのですが、トポロジカル相とそれに関する現象に関しては、必ずしもそうでもないことが、最近になって明らかになってきています。例えば、最近、我々は巨視的量子現象の代表といえるジョセフソン効果に対して、スピンの依存する散逸による非エルミート性を考慮すると、ジョセフソン電流が減るのではなく、むしろ増加する場合もあることを明らかにしました[1]。これは、例外点とよばれる非エルミート系特有のトポロジカルな縮退点による現象であり、元のエルミートのハミルトニアンでは簡単には理解できないものとなっています。また、最近では、トポロジカル表面状態の有効ハミルトニアン自体が、量子アノマリーを相殺するために、非エルミート性を持っているというのが自然だと考えられるに至っています[2-4]。この非エルミート性は、トポロジカル表面状態に対して、非エルミート系特有のトポロジカル数を導入することを可能としており、それに対応した新しいトポロジカル量子現象も最近では予言されています[5,6]。これらの現象は、トポロジー相に関する新しい視点を与えており、今後の実験による検証が期待されています。



図：トポロジカル表面状態の有効理論の模式図（文献[6]）

### 参考文献

- [1] J. Cayao, and M. Sato, [Phys. Rev. B 110, L201403 \(2024\)](#).
- [2] T. Bessho, M. Sato, [Phys. Rev. Lett. 127, 196404 \(2021\)](#).
- [3] D. Nakamura, K. Inaka, N. Okuma, M. Sato, [Phys. Rev. Lett. 131, 256602 \(2023\)](#).
- [4] S. Hamanaka, T. Yoshida, K. Kawabata, [Phys. Rev. Lett. 133, 266604 \(2024\)](#).
- [5] D. Nakamura, K. Shiozaki, K. Shimomura, M. Sato, K. Kawabata, [Phys. Rev. Lett. 135, 096601 \(2025\)](#); K. Shiozaki, D. Nakamura, K. Shimomura, M. Sato, K. Kawabata, [Phys. Rev. B 112, 075152 \(2025\)](#).
- [6] Y. Nakai, D. Nakamura, S. Hamanaka, M. Sato, [arXiv:2502.16729](#).

## B02 スピン流・カイラルフォノン流・スピントクスチャの生成法の理論提案

B02 班 佐藤 正寛

佐藤の本学術変革領域における役割は、(i)普遍的な非平衡系理論手法を発展させること(非平衡系の関連設計学)、それを応用して(ii)新しい非平衡現象を予言する、(iii)班内班間の協力より新現象の解明と予言に貢献する、といえます。実際、領域発足前から準備は進めており、例えば、求研究室(A01 班)と共同で、**キタエフスピン液体における熱的スピン流生成の理論**[1]、水島氏(B01 班)と共同で、**光渦ビームによる2次元電子系のスピントクスチャの高速生成法**[2]の成果を得ています。また領域外の石塚氏(科学大)との共同研究では、**カイラルフォノン系における電磁波によるエネルギー流・角運動量・軌道流生成の理論**を構築しています[3]。当初の目標からはみ出した予想外の成果も目指しながら、約5年間本領域に貢献したいと思います。残りのスペースでは、本研究室の今年度の成果2つについて解説します。

**強電場によるスピントクスチャの生成**：磁場中の磁性体の研究は長い歴史を持ち、多彩な磁場誘起現象が知られていますが、電場による磁性制御は、マルチフェロイクスやスピントロニクス文脈で今世紀に入って精力的な研究がはじまりました。しかし、未だにミクロな視点からの、電場を磁性結晶に印加した際の効果に対する理解は十分とは言えません。そこで、我々は一連の研究で、モット絶縁体に強電場を印加した際の有効ハミルトニアンを導出し、交換相互作用やジャロシンスキー守谷相互作用(DMI)の電場による変化を精査しました[4]。その結果、電場依存スピン軌道相互作用を持つ系で電場の1次に比例して生じるDMIを定量的に求めました。DMIはスパイラル磁気秩序を誘導する磁気相互作用であるため、電場で図1のようなトポロジカル磁気欠陥を生成できると期待できます。そこで、実際に薄膜磁性体に電場を印加した際の磁性体中スピンの時間発展を、Landau-Lifshitz-Gilbert方程式に基づき解析しました。その結果、図1の3種の磁気欠陥が適当な模型と電場印加により生成できることを数値的に示しました[5]。より詳しくは原論文をご覧ください。

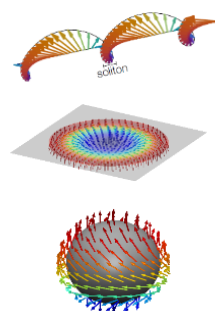


図1: 磁気ソリトン、磁気スキルミオン、磁気ヘッジホッグ。

**反強磁性体におけるスピンプンプの微視的理論**：スピンプンプとは、磁性体と金属の接合系に磁気共鳴周波数の電磁波を照射し、磁性体内で生じた磁気励起(マグノンなど)の一部が金属側にスピン流として流入する現象を指します。これはスピントロニクス分野における代表的なスピン流生成法です。今世紀に入り、強磁性体(〜10GHz)よりも高い共鳴周波数(0.1-1THz)を持つ反強磁性体を用いたスピントロニクスが活性化しました。その結果、反強磁性体におけるスピンプンプの実験研究は進展しましたが、一方で、対応するミクロな理論はほとんど発展しませんでした。これは、精密な理解よりも、応用的側面が重要視される分野の性格に依るところも大きいといえます。しかし、基礎科学的な立場では、反強磁性体の電磁波駆動ダイナミクスは基本的な理論研究対象であり、そのような基礎理論が構築されていないことは、理論家にとっては有難いこととも言えます。我々は、接合系のハミルトニアンを出発点として、場の理論と非平衡グリーン関数法に基づく解析により、磁性体から金属に注入されるトンネルスピン流を定量的に解析しました。その結果、反強磁性体の典型的な秩序相(Néel相、Cant相、弱強磁性相)のスピン流が実験結果と半定量的なレベルで合致することを示しました。さらに、一様磁化のないNéel相に比べて、磁化を持つCant相のスピン流が小さくなる理由を、ミクロな計算結果とマクロなスピンの歳差運動を定量的に結びつけることで解明しました。より詳しくは、近く公開される論文をご覧ください[6]。

[1] Kato, *et al*, PRX (2025). [2] Yamamoto, *et al*, arXiv:2504.15590 (accepted to PRB). [3] Ishizuka and Sato, arXiv:2505.05313. [4] Furuya and Sato, PRR6, 184401 (2024). [5] Nakagawara, *et al*, arXiv:2505.07210. [6] Watanabe and Sato, in preparation.

佐藤正寛 (千葉大学大学院・理学研究院・教授)

HP 情報 <https://physics.s.chiba-u.ac.jp/satol/>

## B03 科学ソフトウェア開発とメンテナンス

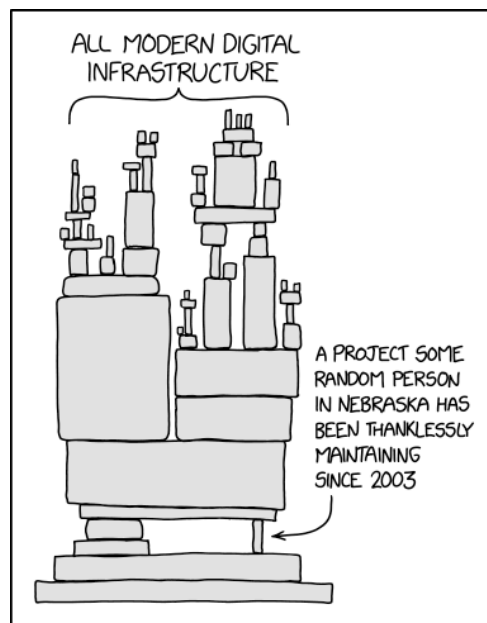
B03 班 東後 篤史

科学研究において、実験装置の制御や測定データの処理など、さまざまな場面でソフトウェアが用いられています。科学ソフトウェアは、今日の研究に欠かせない存在となりました。しかしながら、ソフトウェア開発が科学研究の中で十分に評価されているとは言いがたく、その結果として、科学の発展を加速させる機会が失われています。

ソフトウェアはひとたび作られると、その上に新たなソフトウェアや機械が作られ、さらにその上にまた別のソフトウェアや機械が作られ……と、幾重にも積み重なっていきます。こうして私たちの研究基盤が形作られ、さまざまな研究成果が生み出されてきました。人々の目は華やかな研究成果に向きがちですが、その土台には地道に働くソフトウェアがあるのかもしれませんが。有名なウェブコミック *xkcd* の作品「Dependency」(図)では、一見取るに足らないように見える小さなソフトウェアプロジェクトが、実は巨大なシステム全体を支えている様子が描かれています。このソフトウェアのメンテナンスが滞れば、システムは崩れ落ちてしまうでしょう。科学の世界でも、研究をひっそりと支えるソフトウェアが、どこかで誰かによってメンテナンスされ続けています。近年はオープンソースによるソフトウェア開発が科学研究でも広まり、多くの研究がこうしたソフトウェアに依存するようになりました。しかし、その維持管理は十分な見返りもないまま特定の開発者の善意に頼っている場合も少なくなく、この漫画が示す問題は現実のものとなっています。

こうした問題は、たとえば結晶の特性を調べる研究にも当てはまります。この分野では、第一原理計算や分子動力学計算といった計算機シミュレーションが広く用いられており、計算手法やソフトウェア実装の進歩によって、さまざまな課題に取り組む可能性が開かれてきました。このような研究では、どのような新しい現象を記述できるかという点に関心が向きがちで、誰がソフトウェアをメンテナンスするのかという問題は見落とされがちです。しかし、利用者が急増していることを考えると、研究全体の進歩への貢献という観点では、むしろ後者の方が大きいのかもしれません。

近年、機械学習や AI を用いた新しい研究手法が登場し、「AI for Science」という掛け声とともに、科学ソフトウェア開発が研究のあり方を変えつつあります。こうした流れの中で、原子間の相互作用を表現する基盤モデルの開発競争が繰り広げられています。新規無機材料のハイスループット探索のための汎用機械学習ポテンシャルのリーダーボードも公開されており[1]、挑戦しがいのある分野となっています。また、GitHub などのプラットフォームでは、ソフトウェア開発やメンテナンスといった開発者の活動が可視化され、オープンソースソフトウェア開発者の貢献を直接評価できる仕組みが整いつつあります。今後は、科学研究においてもソフトウェア開発者の貢献が正に評価されるようになるでしょう。



[1] [Matbench Discovery](https://doi.org/10.1038/s42256-025-01055-1), Riebesell, J., Goodall, R.E.A., Benner, P. et al., *Nat Mach Intell* 7, 836 (2025). [<https://doi.org/10.1038/s42256-025-01055-1>]

図 *xkcd* より「Dependency」  
<https://xkcd.com/2347>, CC BY-NC 2.5



## 国際ワークショップ “Challenges in Designing Room Temperature Superconductors” 開催報告

B03 班 有田 亮太郎

本ワークショップは、東京大学の小柴ホールで7月21日から24日の日程で開催され、高圧および常圧下での超伝導に関する最新研究が議論された。初日には、常圧条件下での新奇超伝導体に関する研究発表が行われ、理論と実験の両面から多様なアプローチが紹介された。

2日目は理論的側面に重点が置かれ、超伝導の電子的機構に関する新しい数値的・解析的手法の紹介がなされた。特に、ニッケル酸化物など、従来の銅酸化物とは異なる系における相関効果の扱いが議論され、非従来型超伝導の理解を深める上での重要な知見が共有された。午後にはポスターセッションが開催され、理論・実験双方の様々な成果が発表された。

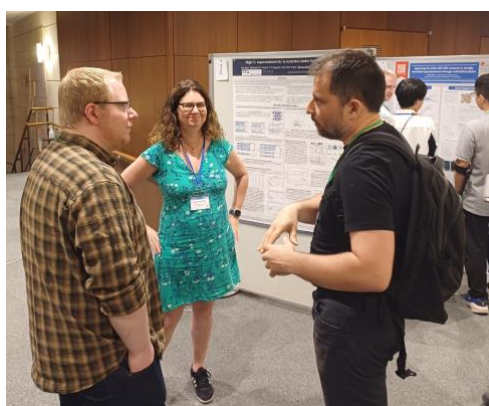


図1:組織委委員のLilia Boeri教授(ローマ大)が作成した会議のロゴ。

3日目は、高圧水素化物系を中心とする実験研究の進展が取り上げられ、極端条件下での測定技術や再現性の確立に向けた取り組みが共有された。また、機械学習を用いた超伝導材料探索の手法が複数報告され、電子構造計算と統計的推論を組み合わせた手法が、従来の理論的枠組みを補完・拡張する可能性が強調された。これらの研究は、数十万種類に及ぶ化合物群の中から有望な候補物質を効率的に抽出できる点で、今後の超伝導研究の方向性を示唆するものであった。

また、応用分野における超伝導材料の設計や評価に関する講演が行われ、理論研究で重視される転移温度の向上に加え、臨界磁場の等方性や構造安定性といった工学的観点の重要性が指摘された。続くラウンドテーブルでは、科学的不正の防止や査読制度の改善を含む「研究の質保証」を主題に、活発な意見交換が行われた。オンラインを通じた参加者も多く、国際的な協働体制の必要性が改めて確認された。

本ワークショップでは比較的長い意見交換の時間を重視し、参加者間の新たな連携の契機となった。将来的な共同研究の芽を育む場として、本会議は意義深い成果を挙げたと考える。



有田亮太郎 (東京大学・理学系研究科・教授)

<https://cdrts2025.wordpress.com/>

## 国際会議報告 “The International Workshop on Exotic Quantum Phases due to Unhappy Electrons”

総括班 木村 剛

本学術変革領域のご支援をいただき、2025年11月12-14日に東京大学本郷地区キャンパスの武田ホールにて “The International Workshop on Exotic Quantum Phases due to Unhappy Electrons” が開催されました。本ワークショップは、量子物質におけるエキゾチックな量子相の理解と開拓をテーマとして、とくに量子物質中の電子の(1)低次元への閉じ込め、(2)フラストレーション／競合相互作用、(3)量子臨界性、(4)多自由度、高エントロピー、(5)異常な価電子状態などの電子状態の不安定性に起因するエキゾチックな量子相に焦点が当てられました。3日間の開催期間中に、Max Planck Institute の高木英典先生をはじめ、国内外の分野を先導する著名な研究者による招待講演（17件）、および一般参加者による口頭発表（12件）とポスター発表（76件）が実施されました。総参加者数は123名と大変多くの方に参加いただき、各セッションにおいて、本学術変革のテーマである相関設計をはじめ、低次元系、量子スピン系、超伝導、トポロジカル物性、スピン軌道物理学など、多彩な量子物性トピックスについて活発な議論がなされました。プログラム詳細は下記に記載の会議HPをご参照下さい。

### Program

11/12(Wed)	11/13(Thu)	11/14(Fri)
9:30-9:40 Opening (T. Kimura*)		
Oral Session 1 (Chair: Y. Okamoto)	Oral Session 5 (Chair: T. Katsufuji)	Oral Session 8 (Chair: T. Hanaguri*)
9:40-10:15 I-1 Sang Cheong	9:00-9:25 I-7 Yong-Baek Kim	9:00-9:35 I-14 Séamus Davis
10:15-10:40 O-1 Tsuyoshi Kimura*	9:25-10:00 I-8 Thom Palstra	9:35-10:10 I-15 Zenji Hiroi
(Break 25 min)	10:00-10:25 O-6 Hiro Nakamura	10:10-10:35 O-10 Minou Nohara
Oral Session 2 (Chair: K. Ohgushi*)	10:25-10:50 O-7 Yoshihiko Okamoto	(Break 25 min)
11:05-11:40 I-2 Yuji Matsuda*	(Break 25 min)	Oral Session 9 (Chair: T. Takayama)
11:40-12:15 I-3 Masao Ogata	Oral Session 6 (Chair: N. Shannon*)	11:00-11:35 I-16 Naoto Nagaosa
(Lunch 1h45min)	11:15-11:50 I-9 Bernhard Keimer	11:35-12:10 I-17 Natalia Perkins
Oral Session 3 (Chair: T. Kimura*)	11:50-12:25 I-10 Gabriel Aeppli	12:10-12:35 O-11 Yukari Katsura
14:00-14:35 I-4 Yoshinori Tokura	12:25-13:00 I-11 Andrey Chubukov	12:35-13:00 O-12 Kazunori Ueno
14:35-15:00 O-2 Max Hirschberger	(Lunch 1h10min)	
15:00-15:25 O-3 Nic Shannon*	14:10-16:00 Poster Session	13:00-13:10 Closing (Y. Okamoto)
(Break 25 min)		(Lunch)
Oral Session 4 (Chair: M. Nohara)	Oral Session 7 (Chair: J. Matsuno)	
15:50-16:25 I-5 Harold Hwang	16:00-16:35 I-12 Yuichi Shimakawa	
16:25-16:50 O-4 Kentaro Kitagawa	16:35-17:00 O-8 Shota Suetsugu	
16:50-17:15 O-5 Tetsuo Hanaguri*	17:00-17:25 O-9 Naoyuki Katayama	
17:20-17:55 I-6 Nigel Hussey	17:25-18:00 I-13 Hidenori Takagi	
18:30~ Invited Speakers Dinner	18:30~ Banquet	

\*は本学術変革関係者



木村 剛（東京大学・大学院工学系研究科・教授）

会議 HP : <https://crystal.k.u-tokyo.ac.jp/IWUE2025/>



## 山田研究会:量子液晶概念を基盤とした新奇物性科学の若手学際研究

A02 班 芝内 孝禎

2025年11月18日(火)、19日(水)の2日間にわたり、山田研究会「量子液晶概念を基盤とした新奇物性科学の若手学際研究」を開催しました。本研究会では、2019-2023年度に走っておりました新学術領域研究「量子液晶の物性科学」で力を入れた若手研究者による物性研究の発展に鑑み、本学術変革領域研究でも中心課題の一つである「対称性の破れに着目した物質科学を基盤とした新奇物性科学」をさらに促進することを目的として、強相関金属、量子スピン系絶縁体、超伝導体など異なる研究対象における広い意味での量子液晶や、対称性の破れた電子状態に関連する最先端の研究を行っている若手の理論家と実験家が集うことで、新たな学際的アイディアの創出を目指したものです。公益財団法人山田科学振興財団の主宰、本学術変革領域研究(A)「相関設計で挑む量子創発」の後援という形で、仙台近郊の秋保温泉のホテル「クレセント」にて行いました。

世話人は、芝内(東大新領域、A02研究分担者)のほか、木村剛教授(東大工、A01研究代表者)、石田浩祐助教(東北大金研)、田財里奈助教(京大基研、A02研究代表者)が務め、登録料および宿泊費をサポートする形として、当初40名の想定で参加者を募集しましたが、予想を超える46名の応募があり、何とか希望者全員に参加いただきました。参加者の内訳は教授2名、准教授4名、講師3名、助教14名、ポスドク研究員4名、大学院生19名と、若手を中心の非常に澁刺とした研究会となりました。17名の招待講演者による講演と、27件のポスター発表を通して、理論、実験を交えて、活発な議論が行われました。対象物質は、超伝導体、磁性絶縁体、有機導体、トポロジカル物質、2次元物質など、と多岐にわたり、取り扱われたテーマとしても、高温超伝導、トポロジカル超伝導、多極子秩序、キラリティ、ループ電流、スピン液体、マヨラナ準粒子、非相反伝導、スピン・ネマティック、交替磁性、フラットバンド、など物性物理学における重要課題が目白押しで、異なる分野間の交流が行われた学際的な研究会となりました。詳細なプログラムは、研究会ホームページ(下段にURL情報があります)をご覧ください。

連日の熊出没の情報により、あまり外に出歩くことはできませんでしたが、初日の夜には食事後に懇談会が開催され、全員が参加して夜遅くまで様々な情報交換が行われました。また、本研究会では相部屋の合宿形式としたため、物性若手研究者の横の繋がりを作るのに一役買ったのではないかと考えています。研究会終了時には、木村先生より、本研究会をサポート頂いた山田科学振興財団について少し説明していただき、財団が行っている研究助成等の周知が行われました。若手研究者の積極的な利用につながれば幸いです。

最後に、本研究会をサポート頂きました山田科学振興財団、特に建設的なコメントを頂きました財団理事の北岡良雄大阪大学名誉教授、および本学術変革領域研究総括班の皆様感謝いたします。また、世話人の石田、田財の両氏には、スムーズな研究会運営に多大な貢献をいただきました。ここに深く感謝申し上げます。



図:研究会の様子

芝内 孝禎 (東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授)  
研究会 HP: <https://sites.google.com/view/yamada-qlc-202511/>

## スピン液体のスピンノイズを探る—「関連設計」セミナーにおける成果発表

高橋 拓豊

こんにちは。オックスフォード大学博士研究員の高橋拓豊です。2020年3月に東京大学の学部課程を修了、同年10月にオックスフォード大学の博士課程に進学し、「スピン液体におけるスピンノイズ測定」(後述)をテーマに研究を行ってきました。指導教員の Séamus Davis 教授が着任された直後に研究室に加わったため、慣れない異国の地でコロナ禍のなか実験装置を一から立ち上げなければならず、研究は挑戦の連続でしたが、2025年7月に無事博士号を取得できました。このたび、東京大学柏キャンパスで開催された第1回「関連設計」セミナーおよび広島で開かれた日本物理学会シンポジウム「カゴメ構造がもたらす新しい量子状態」にご招待いただき、博士課程の研究成果を発表する機会をいただきました。本ニュースレターでは、その様子をご紹介します。

はじめに、私の研究テーマについて簡潔にご説明します。一般に「磁石」と聞くと、棒磁石のように明確な N 極と S 極を持つ物質が思い浮かぶかと思います。実はそのような磁石は、ミクロなスケールで見ると、非常に小さい棒磁石(量子力学のことばで「スピン」とよばれます)が無数に集まってできています。隣り合うスピンを同じ向きに揃えるような相互作用が働くと、全てのスピンの同じ方向に綺麗に揃い、全体として強い磁力をもつ棒磁石が形成されるのです。一方で、スピン間の相互作用が複雑な場合、必ずしも全てのスピが一方向に揃わず渦のようなパターンを示したり、スピンの量子力学的に重ね合わさった状態になったり、特殊なスピン相関を持つ新奇な(量子)磁性状態が現れます。中でも私は、スピンの相互作用しながらも特定の決まったパターンを示さず、低温までスピンがゆらぎ続ける「スピン液体」とよばれる状態に関心を持ち、研究を行ってきました。磁石の性質を実験的に調べる基本的な方法は、磁場をかけてその応答を調べる磁化率測定です。しかし、磁場をかけない状態でも、スピンは熱ゆらぎや量子ゆらぎによって自発的に動いており、そのゆらぎを「スピンノイズ」として観測することでスピンの磁性状態やダイナミクスを明らかにする手法が近年提案されています。スピン液体のスピンノイズ測定は技術的に容易ではありませんが、「古典スピン液体」物質  $\text{Dy}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$  [1]において実現性が報告されていました。私の博士課程ではスピンノイズ測定の手法を発展させ、「量子スピン液体」候補物質に適用しました[2,3]。

日本に帰国後、まずは東京大学柏キャンパス新領域基盤棟にて「関連設計」セミナーを行いました。今回の発表では、カゴメ格子を持つ代表的な量子スピン液体候補物質であるハーバートスミスサイト石  $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$  において、スピンノイズ測定を行った成果[3]についてお話ししました。1時間前後の発表を想定して準備していましたが、約2時間にわたって多くのご質問をいただきながら進むインタラクティブな形式となりました。議論を通じて多くのことを学べ、有意義な時間となりました。また、質問を積極的にしていただけるほど自分の研究にご関心をお寄せいただけたこともたいへん嬉しく感じました。セミナー前後には、本セミナーをご手配くださった芝内先生・橋本先生の研究室を見学させていただきました。絶対零度近くの低温で物質測定をするための冷凍機設備は共通している部分があり、自分の研究環境と比較して参考になる点が多くありました。また、これまで経験のなかった電気伝導度測定や熱伝導度測定についても貴重なお話を伺え、たいへん勉強になりました。夕方の懇親会では学生



図:CDS セミナー発表の様子

の皆さんとも交流でき、充実した時間を過ごしました。

続いて、広島大学で開催された日本物理学会シンポジウムにて発表を行いました。著名な先生方と同じセッションでの登壇であり、聴衆も100名を優に超える規模となりました。緊張はありましたが、「相関設計」セミナーでじっくりと議論しながら発表できた経験を経て、自信をもって発表に臨むことができました。講演後にいただいたフィードバックは、これまでアメリカやヨーロッパで発表した際とは異なる視点に基づくもので、たいへん有益な学びとなりました。また、会期中にはスピン系研究者の懇親会にも参加し、これまで他の学会でお見かけしながらも直接お話しする機会がなかった方々と交流できました。日本の研究コミュニティの近況について詳しいお話を伺え、また、私自身の海外博士課程での経験を同年代の研究者や学生の方々と共有することもでき、有意義な交流の機会となりました。

改めまして、このたびは第1回「相関設計」セミナーおよび日本物理学会シンポジウムにご招待いただき、深く感謝申し上げます。学術的な議論に加え、多くの先生方や学生の皆さまと交流できたことで、研究への意欲が一層高まりました。今後とも日本の研究コミュニティと積極的に関わりながら、研究に邁進してまいります。

#### 参考文献

- [1] R. Dusad *et al.* [Nature](#) **571**, 234 (2019).
- [2] H. Takahashi, C. Hsu, F. Jerzembeck, J. Murphy, J. Ward, J. D. Enright, J. Knapp, P. Puphal, M. Isobe, Y. Matsumoto, H. Takagi, J. C. S. Davis, S. J. Blundell, [PNAS](#) **122**, e2422498122 (2025).
- [3] H. Takahashi, J. Murphy, M. Wood-Thanan, P. Puphal, M. A. Sanchez-Martinez, F. Jerzembeck, C.-C. Hsu, J. Ward, M. Isobe, Y. Matsumoto, H. Takagi, S. J. Blundell, M. R. Norman, F. Flicker, J. C. S. Davis, [arXiv2510.11678](#) (2025).

## 受賞報告

A03 班 成田秀樹：第20回(2026年)日本物理学会若手奨励賞(領域8)  
B02 班 辻研 高三和晃：第20回(2026年)日本物理学会若手奨励賞(領域8)  
を受賞しました。

<https://www.jps.or.jp/activities/awards/jusyosya/wakate2026.php>

B03 班 有田亮太郎 B01 中辻知：Clarivate Analytics の highly cited researcher に選出  
されました。 <https://clarivate.com/highly-cited-researchers/>

B03 班 有田研 松田仁：第80回年次大会(2025)日本物理学会学生優秀賞(領域3)  
服部航平：第80回年次大会(2025)日本物理学会学生優秀賞(領域4)  
が選ばれました。

B02 班 辻研 中本大河：第19回物性科学領域横断研究会にて若手奨励賞を受賞しました。

領域会議 Best Poster Award

北村 泰晟さん(理研)、佐藤 雄貴さん(理研)、二本木 克旭さん(理研)、松本 亜巳さん(京大)、  
目黒 智成さん(九大)の5名が受賞しました。

## 人事異動

### アウトリーチ

### プレスリリース

A02 班 計画研究

高橋英史 “世界初！白金酸化物で新規層状物質群を創出—計算支援による高圧物質開発の革新—”

<https://www.entrance.es.osaka-u.ac.jp/features-news/2518/>

B02 班 計画研究

島野亮 “オンチップテラヘルツポンププローブ分光系の開発と超伝導体への応用  
—超高速電流により量子物質制御を実現する新たな手法—”

<https://www.crc.u-tokyo.ac.jp/press/250909.html>

A03 班 計画研究

柳瀬陽一, 青木大 “磁場を味方にウラン超伝導機構を解明—自らを柔軟に変化させ、耐えられる磁場の限界を2倍に—”

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2025-09-25>

A02 班 計画研究

田財里奈, 紺谷浩 “カゴメ金属における“電流の一方通行”新原理を発見—ミクロな電流ループを活用した新しい量子的な整流効果—”

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2025-08-26-4>

A02 班 計画研究



田財里奈 “光照射により「追いかけて」して回り続けるスピン—光で電子間の作用反作用の法則を破る—”

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2025-09-19>

A02 班 計画研究

田財里奈, 紺谷浩 “電子が描くナノスケールの“右巻き・左巻きの波紋” カゴメ金属で見えた“カイラリティ”の起源”

<https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2025/10/post-894.html>

## 開催報告

**第2回「関連設計」若手コロキウムを開催しました。**

○ 7/22(火)15:30-, オンライン

○ プログラム: 座長 高橋 龍之介 (兵庫県立大学)

15:30-16:00

今井 渉平 (東京大学大学院理学系研究科)

「量子光誘起多体電子ダイナミクス」

近年の光技術の発展により、多数の光子を含む量子的な光(真空スクイーズド光やシュレディンガーの猫状態光など)が生成可能となってきた。我々はこのような量子光を用いて、これまで古典的なレーザー光で行われてきた光誘起多体電子ダイナミクスを再検討する研究を進めている[1, 2]。

本発表では、巨視的な量子光の下での電子ダイナミクスを記述する有効理論の導出や、巨視的な量子物性の変化に必要な要素について、最近の成果を紹介する。

[1] S. Imai, A. Ono, and N. Tsuji, arXiv:2501.16801.

[2] S. Imai, in preparation.

16:00-16:30

金賀 穂 (千葉大学大学院理学研究院)

「電子系・スピン系の動的応答制御と特性検出: 高次高調波・光整流・スピンゼーベック効果」

本講演では、光・熱励起による電子/スピン系の動的応答制御と特性検出に関する最新の理論成果を報告する。第一に、グラフェンにおける二色レーザー誘起光整流・高次高調波を取り上げる。散逸効果を含む量子マスター方程式の数値解析により、二色レーザー下で応答のパラメータ依存性を網羅的に解析し、空間反転対称な系における光整流や高次高調波の定量的制御の指針を与えた[1]。

第二に、BKT 転移を示す擬二次元反強磁性体  $\text{BaNi}_2\text{V}_2\text{O}_8$  のスピンゼーベック効果 (SSE) を論じる。ランダウ-リフシッツ-ギルバート方程式に基づき、磁性体と金属の接合系において、界面の非摂動効果も取り込んだトンネルスピン流の数値解析法を開発した。この数値解析法から得られたスピン流の磁場・温度依存性が実験と整合することを示し、観測された SSE が BKT 相の強いスピンゆらぎに由来することを見出した[2]。

[1] M. Kanega and M. Sato, Phys. Rev. B 112, 045306 (2025).

[2] K. Nakagawa, M. Kanega, T. Yokouchi, M. Sato, and Y. Shiomi, Phys. Rev. Materials 9, L011401 (2025).

16:30-17:00

林田 健志 (HFML-FELIX, Radboud University)

「時間反転対称性の破れた反強磁性体における電場誘起方向二色性の観測/



## THz 自由電子レーザー施設 FELIX のご紹介」

反強磁性体は、磁気モーメントが全体の磁化を打ち消すように秩序化した材料として定義される。この広義の定義にはさまざまな種類の反強磁性体が含まれるため、どのような現象や機能が現れるかを考える場合、磁気秩序によって生じる対称性の破れに基づいた分類が必要となる。特に、時間反転 ( $T$ ) 対称性の破れは特異な現象を引き起こす。本講演では、時間反転奇 ( $T$ -odd) な反強磁性体の中でも、磁化のような  $T$ -odd なベクトル量ではなく、 $T$ -odd な「スカラー量」によって特徴づけられる反強磁性体[2] に着目する。そのような物質では、異常ホール効果のような強磁性体的な振る舞いとは異なる、特異な効果が生じうる。その一例が、対角の電気トロイダル (ET) 効果[3]であり、これは電場  $E$  を印加すると、それと平行な方向にトロイダルモーメント  $T$  (磁気双極子の渦状配列) が誘起される現象を指す。本講演では、電場誘起の非相反方向二色性を用いることで ET 効果を観測できることを示し、さらに、この手法が反強磁性ドメイン構造の可視化にも有効であることを紹介する [4]。また、現在所属する FELIX Laboratory (<https://hfml-felix.com/>) では THz 領域の自由電子レーザーを用いた測定、特に様々な秩序状態の THz 光照射による制御に取り組んでいる。FELIX では、外部ユーザーの利用も募集しているため、講演の後半では施設の特徴について紹介する。

[1] Y. Tokura and N. Nagaosa, Nat. Commun. 9, 3740 (2018).

[2] S. Hayami et al., Phys. Rev. B 108, L140409 (2023).

[3] H. Schmid et al., Ferroelectrics 252, 41-50 (2001).

[4] T. Hayashida et al., Adv. Mater. 37, 2414876 (2025).

## 第1回「関連設計」セミナーを9月12日(金)に開催しました。

日時： 2025年9月12日(金) 15:00-17:00

場所： 東京大学柏キャンパス 基盤棟大講義室 (2階)

講師： 高橋 拓豊 博士 (オックスフォード大学)

ZnCu<sub>3</sub>(OH)<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>のスピノイズ測定：スピノンが媒介する観測スピン間の相互作用

詳細は[こちら](#)からダウンロードできます。

低温で磁気秩序を示さない状態は広くスピン液体と呼ばれ、盛んに研究されているが、物質ごとにどの種類のスピン液体が実現しているかを識別することは難しい。そのための手法として、物質が自発的に生じるスピノイズを測定することが近年提案され、古典スピニアイス Dy<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub>[1] やスパイラルスピン液体 Ca<sub>10</sub>Cr<sub>7</sub>O<sub>28</sub>[2] の理解に貢献してきた。

本研究ではスピノイズ測定の手法を、代表的な量子スピン液体候補物質であるハーバートスミスサイト ZnCu<sub>3</sub>(OH)<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub> に適用した。本物質では、スピン 1/2 の Cu<sup>2+</sup> が対称性の高いカゴメ格子層を形成し、それらが非磁性の Zn<sup>2+</sup> 層に隔てられており、理想的な 2 次元カゴメ構造が実現している。一方で、いくつかの Cu<sup>2+</sup> が Zn<sup>2+</sup> を置換することで準自由スピンのカゴメ層間に生じている。これらは ZnCu<sub>3</sub>(OH)<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub> の理解を妨げる「不純物」と従来みなされてきたが、本研究では「観測スピン」と再定義して、カゴメ層の量子状態を探るプローブとして利用する。我々は、fT/√Hz の高感度、μs の時間分解能、mK 領域の温度範囲を有する SQUID スピノイズ測定装置を制作し、ZnCu<sub>3</sub>(OH)<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub> の観測スピンから生じる磁性ノイズ  $M(t, T)$  の検出に成功した。スケール不変なノイズパワースペクトル  $S_M(\omega, T) \propto 1/\omega^{\alpha(T)}$  とノイズ分散  $\sigma_M^2(T)$  において、260 mK 付近で鋭い転移がみられた。この現象を説明するため、カゴメ層が量子スピン液体であると仮定し、スピノン励起が媒介する観測スピン間の相互作用モデルを構築したところ、実験データと包括的に整合する結果が得られた。このことは、観測スピン間の相互作用がスピノンに媒介されていること、ひいてはカゴメ層が量子スピン液体状態にあることを示唆する。

[1] R. Dussad et al. Magnetic monopole noise. Nature 571, 234 (2019).

[2] H. Takahashi & C.-C. Hsu et al. Spiral spin liquid noise. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 122, e2422498122 (2025).

[3] M. R. Norman, Colloquium: Herbertsmithite and the search for the quantum spin liquid. Rev. Mod. Phys. 88, 041002 (2016).

[4] H. Takahashi, J. Murphy, M. Wood-Thanan et al. Spinon Mediation of Witness-Spin Dynamics and Ground State in Herbertsmithite. Submitted, in prep for arXiv (2025)

問い合わせ先：芝内孝禎（東京大学新領域創成科学研究科）shibauchi[atmark]k.u-tokyo.ac.jp

## 第2回「相関設計」セミナーを10月23日(木)に開催しました。

Prof. Vadim Geshkenbein (ETH Zürich)

Thursday, October 23, 2025, 15:30-17:00

Lecture Room 2B6, Kibanto, Kashiwa campus, University of Tokyo

Abrikosov vortices switching Josephson current in magic angle graphene

[Abstract pdf](#)

## 第3回「相関設計」セミナーを10月3日(金)に開催しました。

Title: Raman scattering spectroscopy as a probe of the magnetic Weyl semimetal state.

Speaker: Prof. Natalia Drichko Johns Hopkins University

Date and time: October 3, 2025 (Friday) 15:00-16:30 (JST)

Location: Room 913, Building 1, Faculty of Science, University of Tokyo

In magnetic Weyl semimetals, the intrinsic anomalous Hall effect arises from non-zero Berry curvature near the Weyl nodes. However, to clearly establish Weyl semimetal evidence of the topological electronic structure and a particular form of time reversal symmetry breaking order is needed. In this presentation, I demonstrate how Raman scattering spectroscopy can be used to probe low-frequency electronic structure and magnetism in Weyl semimetals using examples of Nd<sub>2</sub>Ir<sub>2</sub>O<sub>7</sub> and V<sub>1/3</sub>NbS<sub>2</sub>. Frequency dependence of electronic Raman scattering within Weyl nodes is proportional to the density of states and depends on dimensionality, thus revealing the linear q-dependence of the density of states down to low frequencies inaccessible for the most part with other optical techniques. Simultaneously probing Raman scattering identifies a magnetic phase transition. In this way, polarization-dependent electronic and magnetic Raman scattering demonstrates the presence of the band structure and form of time reversal symmetry breaking necessary to realize a Weyl semimetal state. I will also show how scattering of optical phonons on the electrons in a semimetal can be a tool to probe the electronic bands.

## 2025年領域会議（理研・和光）を開催しました。

### 概要

「相関設計で挑む量子創発」プロジェクト初年度の成果に関して議論するために領域会議を開催いたします。会議では、計画研究班メンバーの研究発表に加えて、一般参加者によるポスター発表を予定しています。多くの皆様の参加をお待ちしています。大学院生を含む若手研究者による優れたポスター発表に対しては表彰を行います。研究成果を発表し議論する良い機会となりますので、該当する方はぜひご登録ください。

### [プログラム](#)

### 日程・会場

日程：2025年12月15日（月）～16日（火）

会場：理化学研究所和光地区・本部棟2階大会議室

〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1

**2025年9月の日本物理学会でシンポジウム「カゴメ構造がもたらす新しい量子状態」を共催しました。**

**CDRTS 2025 が開催されました。**

Date: July 21-24, 2025

Venue: Hongo, Tokyo, Japan

**Kyoto Workshop が開催されました。**

Date: June 11-12, 2025

Venue: Musubiwaza-Kan, Kyoto, Japan

**IWUE2025 が開催されました。**

Date: November 12-14, 2025

Venue: Hongo, Tokyo, Japan

**山田研究会：量子液晶概念を基盤とした新奇物性科学の若手学際研究が開催されました。**

2025年11月18日（火）－ 11月19日（水）

開催場所： 秋保温泉ホテル クレセント

## 今後の予定

### 第4回「対相関と対凝縮」研究会

2026年1月21日－23日に、大阪大学核物理研究センターにてクーパー対凝縮をキーワードとした原子核物理と物性物理のジョイントワークショップを開催します。研究会の詳細については[研究会のウェブサイト](#)をご参照ください。

**理化学研究所の特別研究員または研究員の公募を開始しました。**

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（2026年4月1日設置予定、ユニットリーダー：田財 里奈）の特別研究員または研究員の公募を開始しました。詳細は[こちら](#)。

## 編集後記

本号は、「相関設計で挑む量子創発」ニュースレターの第2号となります。第1号の発行以降、領域内外の多くの方々から温かいご反響や貴重なご意見をお寄せいただき、編集局一同、本領域への関心の広がりや期待の大きさを改めて実感しております。日頃より本領域の活動にご理解とご協力を賜っている皆様に、心より御礼申し上げます。本年度の始動から半年が経ち、研究会や若手コロキウム、国際ワークショップに加え、領域会議を通じた議論や意見交換を重ねる中で、本領域が目指す「相関設計学」の枠組みが、研究者一人ひとりの問題意識と結びついて具体化しつつあることを実感しています。大きな軸を据えつつ互いの強みを共有し、連携を深めながら新分野の創生を模索する活動は、本領域ならではの大きな特徴です。本号では、そうした動きの一端として、各班の研究内容や、領域内で進む活発な交流の様子をご紹介しました。本ニュースレターが、個々の研究成果にとどまらず、領域全体としての現在地や雰囲気共有する媒体となることを心がけていますので、ご関心のある記事だけでもお目通しいただければ幸いです。今後も、研究会情報や公募情報、受賞・アウトリーチ活動などを適宜ご紹介しながら、領域内外の研究者をつなぐ情報発信の場として、本ニュースレターを育てていきたいと考えています。本ニュースレターが、「相関設計で挑む量子創発」に関わる研究者の皆様にとって、新たな議論や共同研究へとつながるきっかけの一つとなれば幸いです。

相関設計ニュースレター編集局： 小林研介(東京大学) [kensuke@phys.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:kensuke@phys.s.u-tokyo.ac.jp)  
近藤猛(東京大学) [kondo1215@issp.u-tokyo.ac.jp](mailto:kondo1215@issp.u-tokyo.ac.jp)  
高橋英史(大阪大学) [takahashi@mp.es.osaka-u.ac.jp](mailto:takahashi@mp.es.osaka-u.ac.jp)

## 相関設計で挑む量子創発

文部科学省科学研究費補助金 「学術変革領域研究(A)」(令和7年度～11年度)

学術変革領域研究(A)

「相関設計で挑む量子創発」ニュースレター 第2号

2026年1月 発刊

領域事務局: [correlationdesign81@gmail.com](mailto:correlationdesign81@gmail.com)

領域ホームページ: <https://cds.phys.s.u-tokyo.ac.jp/>