



References:

- [1] D. M. Eigler, E. K. Schweizer, Nature 344, 524–526 (1990).
- [2] A. J. Heinrich et al. Nat. Nanotechnol. 16, 1318–1329 (2021).
- [3] S. Thiele et al. Science 344, 1135–1138 (2014).
- [4] Y. Wang et al. arXiv:2108.09880; under review (2022).
- [5] K. Yang et al. Science 366, 509–512 (2019).
- [6] P. Willke et al. ACS Nano 15, 17959–17965 (2021).

**標題：磁性量子流体における孤立した半整数スキルミオン**

**日時：2022年9月21日(水) 午後1時30分～午後2時30分**

**場所：Online**

**講師：竹内 宏光 講師**

**所属：大阪公立大学大学院理学研究科 物理学専攻**

**要旨：**

スキルミオンは自発的対称性の破れを伴う相転移の結果生じる位相欠陥の一種である。磁性系で知られる磁気スキルミオンは、電子が電荷を運ぶ粒子であるように、磁化ベクトル場中の特徴的な模様（テクスチャー）を運ぶ粒子（ソリトン）と見なせる。一つのスキルミオンが運ぶ‘電荷’（位相不変量）は位相幾何学的に量子化されており、‘電荷’の最小単位である‘素電荷’をもつスキルミオンのテクスチャー内の磁化ベクトル場は取り得る方向（球面）を‘1 回覆う’。本研究では、7Li の冷却原子気体ボース・アインシュタイン凝縮の磁性量子流体中の磁気スキルミオンが、‘素電荷’の半分の‘電荷’をもち得ることを示す。我々はこの構造を偏心半整数スキルミオン(EFS: Eccentric Fractional Skyrmion)[1]と呼んでいる。EFS はベクトル場の特異点として‘偏心軸’を有することでそのテクスチャーは球面を‘半回覆う’。この性質により EFS は孤立して存在できるという点で、対としてしか存在できないメロン（特徴的なテクスチャーの一種）と明確に区別されるべきである。EFS の具体的な生成機構として、磁壁上で生じるあるスピン流の不安定性（流体力学で知られるケルビン・ヘルムホルツ不安定性の量子流体系の対応物）を提案し、その非平衡ダイナミクスにおいて多数のEFS が生成されることを数値的に示す。

**標題：ダイヤモンド中空素空孔中心を用いた量子センシング**

**日時：2022年9月29日(木) 午後1時30分～午後2時30分**

**場所：Online**

**講師：佐々木 健人**

**所属：東京大学 大学院理学系研究科 物理学専攻**

**要旨：**

本来は無色透明であるダイヤモンドは、その中に発光を示す点欠陥が含まれる場合、カラーダイヤモンドと呼ばれるようになる。ダイヤモンドには百種類を以上の欠陥が発見されているが、その中でも特に、窒素空孔(NV)中心という赤色発光を示す欠陥に近年注目が集まっている。

NV 中心には電子スピンと光学遷移が相関する特別な性質がある。我々はこの性質を利用して NV 中心の電子スピンを初期化、読み出し、量子操作できる。また、顕微鏡を用いれば単一 NV 中心でも検出できるため、単一量子ビットとして利用できる。2008 年以降、NV 中心を磁場[1]や温度[2]のセンサーとして利用する量子センシング研究が世界中で行われるようになった。この技術は、量子操作を駆使し、局所的な磁場や温度による単一電子スピンのエネルギーシフトを精密測定することで実現される。従来法では達成が困難な高い空間分解能、感度、定量性が同時に得られる画期的な技術である。特に、NV 中心のセンサー動作は、極低温から室温を超える高温、10 GPa を超える超高压環境でも保たれる。最近

では、これらの利点を生かして物性計測へ応用する研究が始まっている[3]。

本発表では、NV 中心の基本的な性質、磁場や温度の計測原理、量子操作の方法や発展などを説明した後、我々が東京大学小林研で進めている物性計測応用について紹介した。

[1] J. M. Taylor et al., Nat. Phys. 4, 810 (2008).

[2] G. Kucsko et al., Nature 500, 54 (2013).

[3] F. Casola et al., Nat. Rev. Mater. 3, 17088 (2018).

**標題：サブサイクル光電場 ARPES で見る高強度現象**

**日時：2022年9月29日(木) 午後0時15分~午後1時15分**

**場所：Online**

**講師：伊藤 俊**

**所属：フィリップス大学マールブルク**

**要旨：**

角度分解光電子分光(ARPES)は物質のバンド分散を直接観測する強力な手法である。超短パルスレーザーによるポンプ-プローブ分光法と組み合わせることで、超高速ダイナミクスの観測も可能にする。これまで測定の時分解能はポンプ光のサイクル時間よりも長いスケールに留まっていたが、近年、サイクル時間の長いテラヘルツ(THz)領域のポンプ光を使うことで、サブサイクル分解能での時間分解 ARPES が実現された[1]。

本発表では、このサブサイクル ARPES を中赤外光(周波数 20-40THz)の領域に拡張した最近の実験を紹介する。トポロジカル絶縁体 Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 表面での電場強度は MV/cm 領域に到達し、光電場で駆動される超高速電流とともに、フロックケ状態のサブバンドが光電場のわずか 2 サイクル後に形成される様子が観測された。さらにピーク電場強度においてフロックケバンドの電荷分布がバルクの伝導帯に到達する様子が観測された。これはバンド内電流と(非摂動)バンド間励起の協奏という高強度現象の微視的過程を運動量空間で直接見た初めての例となる。発表では、装置の技術的詳細や理論計算の結果も含めてこれらの結果を紹介した。

[1] J. Reimann et al., Nature 562, 396 (2018).

**標題：スピン流によらないスピン Hall 効果・スピン Nernst 効果**

**日時：2022年10月17日(月) 午後3時~午後4時**

**場所：Online**

**講師：下出 敦夫**

**所属：分子科学研究所**

**要旨：**

スピン Hall (Nernst)効果はスピン軌道相互作用を通じて電場(温度勾配)と垂直にスピン流が誘起される現象とされている。これらの現象を利用すれば、一見スピン自由度をもたない非磁性体において磁場を用いることなくスピン流を生成することができるため、スピントロニクス分野で盛んに研究されている。誘起されたスピン流は系の端でスピンへと緩和し、光学的な方法で観測することができる [1]。

スピン軌道相互作用がある場合、スピンは保存せず、スピン流を一意的に定義することはできない。従って、スピン Hall (Nernst)効果で流れるとされるスピン流とはいったい何なのかという問題が生じる。これまでは尤もらしくスピン流を定義し、スピン Hall 伝導度を計算することがほとんどであった。しかしながら、スピン蓄積が起こる Rashba 模型ではスピン Hall 伝導度が 0 であるので [2]、スピン流のみに着目してスピン蓄積を説明することはできない。さらに、スピン Nernst 伝導度に関しては、単に久保公式を計算しただけでは絶対零度に向かって発散するという問題もある。

本講演では、スピン流の定義の問題について解説した後、実験で観測できるスピンの着目した定式化を提案する [3]。電場(温度勾配)の勾配は端でピークをもつため、これらに対するスピンの応答はスピン蓄積を直接記述することができる。この定式化では一般化された Mott の関係式や Onsager の相反定理がほぼ自明なものとして従うほか、上述の Rashba 模型についても非零の応答係数が得られ、スピン蓄積を説明することができる。

- [1] Kato et al., Science 306, 1910 (2004); Wunderlich et al., Phys. Rev. Lett. 94, 047204 (2005).
- [2] Inoue et al., Phys. Rev. B 70, 041303(R) (2004); Sugimoto et al., Phys. Rev. B 73, 113305 (2006).
- [3] Shitade and Tatara, Phys. Rev. B 105, L201202 (2022); Shitade, Phys. Rev. B 106, 045203 (2022).

**標題：ワイル反強磁性体 Mn<sub>3</sub>Sn におけるテラヘルツ異常ホール効果の超高速非平衡ダイナミクス**

**日時：2022 年 10 月 20 日(木) 午後 0 時 15 分～午後 1 時 15 分**

**場所：Online**

**講師：松田 拓也**

**所属：極限コヒーレント光科学研究センター 松永研 学振 PD**

**要旨：**

ワイル反強磁性体 Mn<sub>3</sub>Sn は、反強磁性スピンをテラヘルツ帯で駆動できるその高速性に加えて、強磁性体並みの巨大異常ホール効果を室温で示す[1]ことから、高速スピントロニクス素子開発の候補物質として大きな注目を集めている。本講演では、我々が進めてきた Mn<sub>3</sub>Sn における異常ホール効果のテラヘルツ高速ダイナミクスに関する研究を紹介する。

我々はテラヘルツ波を高精度に偏光分解して計測する装置を開発して、テラヘルツ帯で巨大異常ホール効果を観測することに成功し、反強磁性磁気秩序をサブピコ秒の時間に電流ベースで読み出せることを明らかにした[2]。次に、光励起して磁気構造が高速変化する非平衡下の異常ホール効果の振る舞いを理解するため、ポンププローブ分光測定を行った。その結果、サブピコ秒の超高速領域の異常ホール効果は、磁気モーメントではなく電子分布の変化で決まることを明らかにした[3]。さらに高密度励起することで極端な非平衡状態を作ると、有効質量が 10 倍以上軽いキャリアが出現し、異常ホール効果よりも正常ホール効果の方が支配的になることを発見した。これは高密度励起されたキャリアにより多体相関が遮蔽されてバンド構造が大きく変化した可能性を示唆している[4]。

- [1] S. Nakatsuji, N. Kiyohara, & T. Higo, Nature 527, 212 (2015).
- [2] T. Matsuda et al., Nature Commun. 11, 909 (2020).
- [3] T. Matsuda et al., arXiv:2206.06627
- [4] 松田ら、日本物理学会 2022 年秋季大会 15aW242

**標題：Benchmark and application of density functional theory for superconductors**

**日時：2022 年 10 月 28 日(金) 午後 4 時～午後 5 時**

**場所：Online**

**講師：河村 光晶**

**所属：東京大学物性研究所**

**要旨：**

Density functional theory for superconductors (SCDFT) is a method to compute superconducting transition temperature ( $T_c$ ) without empirical parameters. We formulate a method to compute the spin-fluctuation mediated interaction with the ultrasoft pseudopotentials and implement this method into our first-principles code Superconducting-Toolkit [1]. This implementation enables us to calculate  $T_c$  using carefully constructed pseudopotentials such as the Standard Solid-State Pseudopotentials. We also implement the recently proposed



e.g. Tb<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, PrNi<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>. Such model calculations can be done with the newest version of the McPhase software package for magnetism.

Going beyond the core subject of the seminar there will be room to discuss any other topic of interest within the context of numerical simulations using McPhase including also a short training in using this program package. I will make accessible to the participants of the seminar the new version 5.5 of the McPhase program, which will be tested in an online workshop 17-21 October and which will be published after the Micro-Workshop scheduled 30.Jan-3.Feb 2023 in Venice, Italy (registration deadline 1.Nov.2022). Further Information: [www.mcphase.de](http://www.mcphase.de)

**標題：**生体高分子アクチンの加齢と重合ダイナミクスの顕微イメージング —Women's week によせて—

**日時：**2022年11月17日(木) 午前10時～午前11時30分

**場所：**Online

**講師：**藤原 郁子

**所属：**長岡技術科学大学

**要旨：**

アクチンは真核細胞に大量に存在するタンパク質で、モノマーとポリマー(線維)状態を遷移して細胞分裂や前進運動、形維持などの細胞の運動機能を担う。細菌でも似た形のタンパク質があることから、アクチンのようなタンパク質は、かなり初期の生命から使われてきたと思われる。

細胞運動の再構成が難しい原因の1つは、線維の両端の性格が異なるなど、線維化して初めて出現する機能が理解できていないことである。セミナーでは、線維内の分子同士での伝搬(=クロストーク)やアロステリックな反応を時空間的に顕微計測したデータを示しつつ、日本と米国で働いてきた私の経験についても触れた。

**標題：**Many-body localization detection based on quantum dynamics

**日時：**2022年11月18日(金) 午後4時～午後5時

**場所：**On Zoom and Lecture Room A632, ISSP (Hybrid)

**講師：**Prof. Kazue Kudo

**所属：**Ochanomizu University/ Tohoku University

**要旨：**

Many-body localization (MBL) occurs in strongly-disordered quantum many-body systems. MBL has been investigated theoretically, numerically, and experimentally. Recently, techniques to probe MBL using quantum devices have been developed, which take advantage of quantum dynamics. This talk focuses on MBL detection methods using numerical simulations of quantum dynamics. The simulation results show how the magnetization and a quantity called twist overlap characterize MBL.







antimony [4] reveal a narrow temperature window where normal collisions enhance the heat flow rate. The ubiquitous T-square resistivity of Fermi liquids survives in dilute metals in absence of Umklapp events [5], indicating that it does not require momentum-relaxing collisions. Comparing the available transport data in metals and in normal liquid  $^3\text{He}$  indicates that energy diffusivity sets the amplitude of T-square thermal resistivity, while momentum diffusivity is the driver of T-square electrical resistivity [6].

- [1] V. Martelli et al., Phys. Rev. Lett. 120, 125901 (2018).
- [2] Y. Machida et al., Sci. Adv. 4, eaat3374 (2018).
- [3] Y. Machida et al., Science 367, 309 (2020).
- [4] A. Jaoui, B. Fauqué, K. Behnia, Nat. Commun. 12, 195 (2021).
- [5] J. Wang et al., Nat. Commun. 11, 3846 (2020).
- [6] K. Behnia, Ann. Phys. 2100588 (2022).

標題：One-dimensional molecular systems with exotic quantum states

日時：2022年11月24日(木) 午後1時30分～午後2時30分

場所：物性研究所本館6階第2セミナー室 (A612) & Online

講師：Prof. Pavel Jelinek

所属：Institute of Physics of the Czech Academy of Science

要旨：

Low dimensional materials offer very interesting material and physical properties due to reduced dimensionality. At present, 2D materials are the focus of attention. However, 1D systems often show far more exotic features, such as Tomanaga-Luttinger liquid or Peierls distortion not presented in 3D and 2D materials. However, the study of these 1D systems is strongly limited by our possibilities of their preparation and characterization on atomic scale. Nevertheless, recent progress of UHV on-surface chemistry [1] paved the way for the synthesis of molecular chains with atomic precision. Moreover, scanning probe microscopy represents the unique tool, which enables to characterize their structural and electronic structure with the unprecedented spatial resolution [2].

In this talk, we will briefly discuss several examples of 1D molecular system featuring interesting quantum properties such topological quantum phase and concerted proton tunneling.

In the first part, we will introduce a novel strategy to synthesize [3] a new class of intrinsically quasi-metallic 1D  $\pi$ -conjugated polymers featuring topologically non-trivial quantum states. Furthermore, we unveiled the fundamental relation between quantum topology,  $\pi$ -conjugation and metallicity of polymers [4]. Thus, we will make a connection between two distinct worlds of topological band theory (condensed matter physics) and  $\pi$ -conjugation polymer science (chemistry). We identified and visualized a quantum phase transition between two topologically distinct phases in a  $\pi$ -conjugated polymer. We will demonstrate that pseudo Jahn-Teller effect as the driving mechanism responsible for the quantum phase transition. Finally, we present theoretical simulations revealing coherent fluctuation of polymers of the critical length at finite temperature between two distinct quantum phases. Such calculations provide an “a smoking gun” evidence of possible presence of the quantum criticality phenomena in the  $\pi$ -conjugated polymer found near the phase transition.

In second part, we will demonstrate unusual mechanical and electronic properties of hydrogen bonded chains formed on a metallic surface driven by nuclear quantum effects within the chain [6]. We will show, that the concerted proton tunneling not only enhances the mechanical stability of the chain, but it also gives rise to new in-band gap electronics states localized at the ends of the chain. This study demonstrates the new class of nuclear quantum effects, which concerted character strongly modifies physical and material properties of the system.

## References

- [1] S. Clair, D. de Otyeza, Chem. Rev. 119, 4717 (2019).
- [2] P. Jelinek, J. Phys. Cond. Matt. 29 343002 (2017).
- [3] A. Grande-Sanchez et al. Angew. Chem. Int. Ed. 131 6631 (2019).
- [4] B. Cierra et al. Nature Nanotechnology 15 437 (2020).
- [5] H. Gonzalez-Herrero et al, Adv. Mat. 33, 2104495 (2021).
- [6] A. Cahlik et al, ACS Nano 15 10357 (2021).

**標題：** Chiral Electro- and Photoactive Materials

**日時：** 2022年11月24日(木) 午後3時～午後4時

**場所：** 第5セミナー室 (A615) 及び Online

**講師：** Dr. Narcis Avarvari

**所属：** Laboratoire MOLTECH-Anjou, CNRS - Université d' Angers, France

**要旨：**

Chirality manifests itself in many areas of physics, chemistry and biology, where objects or materials can exist in two non super-imposable forms, one being the mirror image of the other. 1 Introduction of chirality into conducting systems is a topic of much current interest as it allows the preparation of multifunctional materials in which the chirality might modulate the structural disorder or expresses its influence through the electrical magneto-chiral anisotropy effect. 2 The access to various chiral electroactive precursors for molecular conductors is therefore of paramount importance. 3 In the same time, the most distinctive manifestation of chirality in chemistry is in the optical activity of chiral compounds, expressed as optical rotation or circular dichroism (CD). Additionally, when a chiral compound is emissive, circularly (CPL) can be expected to occur. In this lecture several chiral conducting or photoactive systems will be discussed.

1 G. H. Wagnière, On Chirality and the Universal Asymmetry 2007, Wiley-VCH, Weinheim.

2 F. Pop, P. Auban-Senzier, E., Canadell, G. L. J. A. Rikken, N. Avarvari, Nat. Commun. 2014, 5, 3757.

3 a) N. Avarvari, J. D. Wallis, J. Mater. Chem. 2009, 19, 4061; b) F. Pop, N. Zigon, N. Avarvari, Chem. Rev. 2019, 119, 8435

**標題：** 書かれてなんぼ、プレスリリースの真価とは

**日時：** 2022年11月29日(火) 午後3時半～午後4時半

**場所：** 物性研究所本館6階 大講義室 (A632)

**講師：** 山本 佳世子

**所属：** 株式会社日刊工業新聞社・論説委員兼編集委員

**要旨：**

文部科学省記者クラブ在の記者として日々、大量のプレスリリースがチラと見られただけでゴミ箱に行く状況を、悩ましく感じています。

「研究者が論文発表と同じ気持ちでは、どのメディアにも取り上げられずに終わるだけなのに、残念だと思わないのだろうか?」「リリース原案を作成した研究者も、手配に動いた事務方も、無駄なエネルギーを費やしている状態、よしとしているのだろうか?」と。

本講演では、非専門家のメディア人に響くリリースのコツを伝授。

研究成果の真価を社会にアピールする工夫を、提案した。



**標題：**自然言語の統計力学モデルにおける相転移  
**日時：**2022年12月2日(金) 午後4時～午後5時  
**場所：**Online  
**講師：**中石 海  
**所属：**東京大学大学院総合文化研究科

**要旨：**

自然言語の振る舞いは非常に多様だが、その文法的側面にのみ注目するならば極めて規則的である。自然言語の文法的側面を数理的に定式化することを目指すのが形式言語理論である[1]。この理論においては、文は有限個の記号からなる文字列として、文法は文を生成する手続きを定める規則の集合として定義される。このように形式的に定義された文法は素朴なやり方で確率的に拡張することができ、この拡張されたモデルは、一種の統計力学モデルとみなして物理学的に解析することができる。その一例が DeGiuli によって提案された Random Language Model (RLM)である[2]。彼は RLM の数値解析に基づいて相転移の存在を予想し、この相転移は人間の言語獲得とのアナロジーによって解釈できると主張した。しかし、相転移の存在は十分に裏付けられていなかった。我々は RLM を理論的に解析し、DeGiuli が仮定したよりも一般的な状況において、相転移が存在しないことを証明した[3]。このことは、自然言語の定式化としてより複雑なモデルを考えることの必要性を示唆した。

- [1] N. Chomsky. Three models for the description of language. IRE Transactions on Information Theory, 2(3):113, 1956.
- [2] E. DeGiuli. Random language model. Phys. Rev. Lett., 122(12):128301, 2019.
- [3] Kai Nakaishi and Koji Hukushima. Absence of phase transition in random language model. Phys. Rev. Research, 4:023156, 2022.

**標題：**Symmetry-enforced band topology  
**日時：**2022年12月6日(火) 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：**Dr. Moritz Hirschmann  
**所属：**Max-Planck Institute for Solid State Research

**要旨：**

Topological band crossings in energy spectra are connected to the emergence of prominent effects, for example, the anomalous Hall effect and Fermi arc surface states, which appear as open Fermi surfaces on the boundary of the system. In this talk I will present symmetry-based approaches to infer the existence of various point, line, and plane crossings as well as weak insulator topology.

Crystalline symmetries do not just protect but may also enforce a specific band topology. I will discuss the close connection between the chirality of point crossings and the rotation eigenvalues. While the existence of crossings pinned to high-symmetry positions can be easily obtained from the representations of the corresponding little groups, I will give some examples of movable crossings within the Brillouin zone. These results can then be combined to infer, for example, the topology of nodal planes.

Further, I will present some of our efforts to give a comprehensive overview of enforced band structures in orthorhombic and tetragonal space groups, including, for example, almost movable nodal lines, nodal chains, and (topological) nodal planes. We propose example materials and I will touch upon the topological nodal planes in ferromagnetic MnSi, and double Weyl points in NbO<sub>2</sub>/TaO<sub>2</sub>.