

物性研究所セミナー

標題：理論セミナー：Revealing heterogeneous structures by fluctuation analysis of diffusivity

日時：2019年1月8日(火) 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：秋元 琢磨

所属：東京理科大学

要旨：

Small particles exhibit random motions due to collisions by particles composing the surrounding medium. Diffusivity is one of the most important properties for the environment and the target particle. When the environment is heterogeneous and/or the structure of the target particle changes with time, diffusivity becomes a dynamic quantity. These heterogeneous structures are often observed in living cells, entangled polymer, and supercooled liquid, where the diffusivity changes with time. Here, I show analytical results on fluctuations of the observed diffusivity using the paradigmatic stochastic model of a particle diffusion, e.g., the Langevin equation with fluctuating diffusivity. Applying the theoretical results to diffusion of a lipid molecule, a peripheral protein, and supercooled liquids, we show the fluctuating diffusivity provides a novel physical phenomenon. Finally we provide a method to detect transition points at which a state of the target particle or a property of the surrounding environment changes significantly.

標題：国際強磁場科学セミナー：第4回国際超強磁場科学セミナー | Magneto-Optical Probe of Coherent Phenomena in Multi-Functional Materials

日時：2019年1月8日(火) 午後2時～

場所：物性研究所本館6階 第2セミナー室(A612)

講師：ギティ コダバラスト

所属：Physics Department, Virginia Tech (USA)

要旨：

Intense laser pulses can generate carriers, spins, phonons, and magnons far from equilibrium states. Information about the dynamical behavior of these nonequilibrium states can be elucidated by: 1) the electronic structure, 2) carrier scattering and relaxation mechanisms, including carrier-phonon and carrier-carrier scattering, 3) spin and magnetization dynamics, and 4) dynamical many-body interactions. For example, coherent acoustic phonons which are ultrasonic strain pulses can result in a broad optical spectrum from GHz up to THz^{1,2,3,4}. The possibility of manipulating Coherent Phonons (CP) could lead to develop new techniques such as acoustic imaging as well as better understanding and control of electronic and optical properties in devices. Exploring the interaction of CP with carriers, magnetic impurities, and photons can open new prospective of phononics on nanoscale. For example, the manipulation of spins in semiconductors without the application of magnetic fields opens the door to the next generation of devices, where the electronic computation and magnetic memory can be performed on the same chip. In this talk, I will present several magneto-optical studies including CP generation and control in multifunctional materials such as ferromagnetic semiconductors and multiferroics^{1,5}.

- 1 B. A. Magill, K-D Park, Y. Zhou, A. Chopra, Maurya, S. Priya, M. B. Raschke, A. Belyanin, C. J. Stanton, G. A. Khodaparast, "Ultrafast Anisotropic Optical Response and Coherent Acoustic Phonon Generation in Polycrystalline BaTiO₃-BiFeO₃", *Energy Harvesting and Systems*. Volume 3, Issue 3, 229, April (2016).
- 2 M. P. Hasselbeck, D. Stalnaker, L. Schlie, A. Stintz, and T. J. Rotter, "Fress space radiation of coherent, coupled plasmon-phonon modes from InAs," *Physica B* 314, 158 (2002).
- 3 M. P. Hasselbeck, D. Stalnaker, L. Schlie, A. Stintz, T. J. Rotter, and M. Sheik-Bahae, "Emission of terahertz radiation from coupled plasmon-phonon modes in InAs," *Phys. Rev. B* 65, 233203 (2002).
- 4 C. K. Sun, J. C. Liang, C. J. Stanton, A. Abare, L. Coldren, and S. P. DenBars, "Large coherent acoustic-phonon oscillation observed in InGaN/GaN multiple-quantum wells," *Appl. Phys. Lett.* 75, 1249 (1999).
- 5 B. Madon, H. Byul Kang, M. Gyu Kang, D. Maurya, B. Magill, M. Alves, J.-E. Wegrowe, H.-J. Drouhin, S. Priya, and G. A. khodaparast, "Room Temperature Ferromagnetic Resonance in Hetero-Epitaxial BTO-BFO/LSMO Magnetoelectric Composite", *AIP Advances* 8 (10), 105034 (2018). Editor's Pick.

標題：理論セミナー：Many-Body Invariants for Electric Multipoles and Higher-Order Topology

日時：2019年1月10日(木) 午後4時時～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：Gil-Young Cho

所属：Pohang University of Science and Technology (POSTECH)

要旨：

In crystals, quantum electrons can be spatially distributed in a way that the bulk solid supports macroscopic electric multipole moments, which are deeply related with emergence of topology in condensed matter systems, such as the topological insulators. However, unlike the classical multipoles in open space, defining multipoles in crystals is a non-trivial task, and only the dipolar moment, namely polarization, has been successfully defined so far. This polarization, materialized as Su-Schrieffer-Heeger chain, served as a classic example of modern discussions of topological insulators.

In this talk, we propose the many-body invariants, i.e., the general definition, for electric multipoles in crystals, which is related with recently-discovered higher-order topological insulators. We generalize Resta's pioneering work on polarizations to the multipoles, which are designed to measure the distribution of electron charge in unit cells and thus can detect multipole moments purely from the bulk ground state wavefunctions. We provide analytic as well as numerical supports for our invariants. Application of our invariants to spin systems as well as various other aspects of the many-body invariants will be discussed.

標題：理論セミナー：分子性反強磁性体におけるスピン流生成

日時：2019年1月15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：中 惇

所属：早稲田大学高等研究所

要旨：

物質中のスピン流生成はスピントロニクスの中核的な課題の一つであり、その代表例であるスピンホール効果をはじめとして、強いスピン軌道結合を必要とするのが一般的である[1,2]。このため、スピントロニクスの研究は重元素を含む無機物質が中心に行われており、分子性導体における研究例は限られている。本講演では、分子性導体を用いたスピン軌道



結合に依存しないスピンド生成のメカニズムを提案する。これは κ 型の分子性導体に特徴的な分子配向と反強磁性秩序の結合による特異なエネルギーバンドのスピンド分裂に起因する。

本研究では κ 型分子性導体のモデルとして、分子間の電子遷移積分と分子内クーロン斥力を考慮したハバードモデルを用い、これを平均場近似により解析した。その結果、キャリアドーブされた反強磁性金属状態において、伝導面内の特定方向に電場を印加すると、その直交方向にスピンド流が生じることを見出した。これはスピンド分裂をもたらす電子遷移積分の実空間異方性により、スピンドが相異なる電子が互いに逆方向にドリフトすることで生じる。スピンド流の伝導度テンソルは対称であり、反対称テンソルで記述されるスピンドホール効果とは大きく異なる。さらに、反強磁性絶縁体状態においてもマグノンを介した同様のスピンド流生成現象が生じることを見出した。本研究は速水賢氏(北大)、楠瀬博明氏(明大)、柳有起氏(東北大金研)、求幸年氏(東大)、妹尾仁嗣氏(理研)との共同研究である。

- [1] S. Murakami, N. Nagaosa, and S. C. Zhang, *Science* 301, 1348 (2003).
- [2] J. Sinova et al., *Phys. Rev. Lett.* 92, 126603 (2004).
- [3] H. Kino and H. Fukuyama, *J. Phys. Soc. Jpn.* 65, 2158 (1996).
- [4] M. Naka, S. Hayami, H. Kusunose, Y. Yanagi, Y. Motome, and H. Seo. in preparation.

標題：理論インフォーマルセミナー：熱力学第二法則よりも強い、エントロピー生成に対する不等式

日時：2019年1月24日(木) 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：白石 直人

所属：慶應義塾大学理工学部物理学科

要旨：

熱力学的不可逆性の度合いを特徴づける量としてエントロピー生成がある。熱力学第二法則は、一般の過程においてエントロピー生成が非負であることを主張する。だがもし考察対象の過程を、有限速度の操作や緩和過程など準静的過程以外のものに限定した場合、エントロピー生成は第二法則よりも強い不等式で制限されるはずだと期待される。第二法則よりも強い不等式の解明は、どのような性質が不可逆性を大きくするのかを明らかにするものであり、熱力学的不可逆性の本質を理解する上で欠かせないものである。

本セミナーでは、近年の非平衡統計力学の知見を活用して、「有限速度の操作」と「緩和過程」の二つの不可逆過程に対し、第二法則よりも強い不等式の導出を行う。有限速度の操作に対して得られた不等式は、操作速度によってエントロピー生成とアクティビティ(ダイナミクスの時間スケールを決める量)の積が下から押さえられることを主張する[1]。この結果は、エントロピー生成に対し、操作速度を用いた「第二法則よりも強いバウンド」の存在を主張している。より一般の設定では、エントロピー生成の代わりに **Hatano-Sasa** エントロピー生成を用いた同様の不等式が成り立つ。これらの結果は、「操作の素早さ」がどのような熱力学的制約をもたらすのかを、物理的意味が明快な形で示したものである。なお、ここで得られた結果は、熱機関のパワーと効率のトレードオフ不等式[2]と同一の着想に基づいたものであり、実際その導出過程もほとんど同じ手法に基づいて行えるため、その比較も簡単に行いたい。

コントロールパラメータが時間変化しないような緩和過程に対しても、エントロピー生成に対する第二法則よりも強い不等式を得ることに成功した[3]。この不等式は、エントロピー生成という「過程全てに依存した量」が、最初と最後の状態の情報だけで押さえられるという、極めて分かりやすい形をしている。この不等式は、簡単な変形で情報幾何的な意味付けを与えることも出来る。この不等式の背景には、エントロピー生成に対する新たな特徴づけである変分原理型の表示がある。この変分を緩和過程に適用することで、不等式は導かれている。これらの結果の意味についても簡単に議論する。

- [1] N. Shiraishi, K. Funo, and K. Saito, “Speed Limit for Classical Stochastic Processes”, *Phys. Rev. Lett.* 121, 070601 (2018).

- [2] N. Shiraishi, K. Saito, and H. Tasaki, “Universal Trade-Off Relation between Power and Efficiency for Heat Engines”, Phys. Rev. Lett. 117, 190601 (2016).
- [3] N. Shiraishi and K. Saito, in preparation.

標題：LASOR セミナー：Theory of Higgs spectroscopy

日時：2019 年 1 月 25 日(金) 午後 1 時～午後 3 時

場所：物性研究所本館 6 階 第 5 セミナー室(A615)

講師：Dirk Manske

所属：Max Planck Institute for Solid State Research

要旨：

Time-resolved pump-probe experiments recently attracted great interest, since they allow to detect hidden states and they provide new information on the underlying dynamics in solids in real time.

Recently, with the observation of a Higgs mode in superconductors it is now possible to investigate the superconducting order parameter, and thus the ground state, directly. By comparison with analytical calculations we now have a microscopic understanding of the Higgs mode in superconductors. After calculating the non-equilibrium response of s- and d-wave superconductors we show that such non-equilibrium Higgs spectroscopy opens a unique approach to distinguish between different symmetries of the condensate, even for new and unknown superconductors.

標題：理論インフォーマルセミナー：コンピュータ将棋で学ぶ物理学のゲーム AI への応用

日時：2019 年 1 月 28 日(月) 午後 4 時～午後 5 時

場所：物性研究所本館 6 階 大講義室(A632) *開催場所を変更しました

講師：澤田 亮人

所属：NEC システムプラットフォーム研究所

要旨：

近年、強化学習をベースとしたシンプルで汎用性の高いゲーム AI の学習方法が確立され、囲碁や将棋を含む様々なマインドスポーツでの応用例が報告されている。強化学習はそのシンプルさ故に一見成熟した技術に見えるが、その最適化や汎用化には様々な技術的な課題が残っている。例えば、学習における教師データの質と量のトレードオフや、各種学習条件の調整を限られた計算資源でいかに効率的に行うかや、より強い AI をつくるためにどこを調整するべきかは、ゲームの性質によるところが大きい。こうした問題は AI の出来に非常に大きな影響をもたらす一方で、論文やプレスリリースでは埋もれてしまいがちである。

そこで、本公演では将棋 AI の黎明期から現在に至るまで開発者が勝つためにどういった努力をしてきたか、その過程で数理論理に対する知見がどのように活用されてきたかを紹介する。具体的には以下の項目を扱う。

- ・ Bonanza から AlphaZero までのコンピュータ将棋の進化の歴史
- ・ 確率モデルと強化学習
- ・ 量子モンテカルロ法と並列化
- ・ 量子焼きなましと定跡の最適化
- ・ 汎関数微分と時間配分の最適化
- ・ ゲーム AI のこれから



標題：理論インフォーマルセミナー：Non-semiclassical spin dynamics in the triangular lattice quantum antiferromagnet

日時：2019年1月30日(水) 午後5時10分～

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室(A615)

講師：紙屋 佳知

所属：School of Physics and Astronomy, Shanghai Jiao Tong University

要旨：

We discuss our recent collaboration between theory and neutron scattering experiments on the equilateral triangular lattice Heisenberg antiferromagnet $\text{Ba}_3\text{CoSb}_2\text{O}_9$ with the effective $S = 1/2$. The material is an ideal realization of this quintessential frustrated quantum spin model with small anisotropy, fairly good two-dimensionality, and the high-symmetric crystal structure precluding Dzyaloshinskii-Moriya interactions. We focus on spin dynamics in zero field [1] and in the $1/3$ magnetization plateau phase [2]. We first demonstrate that nonlinear spin wave theory reproduces the spectrum in the plateau phase, thereby allowing us to determine model parameters. However, in zero field, nonlinear spin wave theory fails to explain intrinsic anomalous features in the spectrum, such as magnon line broadening throughout the whole Brillouin zone and the high intensity excitation continuum, even though the ground state is the conventional 120° -degree ordered state. Finally, we discuss development of the $1/N$ expansion for the spectrum in magnetically ordered phases, a new framework alternative to the $1/S$ expansion, to study the zero-field spin dynamics [3].

Reference:

[1] J. Ma et al., Phys. Rev. Lett. 116, 087201 (2016)

[2] Y. Kamiya et al., Nature Communications 9, 2666 (2018)

[3] E. A. Ghioldi et al., Phys. Rev. B 98, 184403 (2018)

標題：凝縮系セミナー：Novel quantum states of matter emergent in Kitaev quantum magnets

日時：2019年2月1日(金) 午後1時30分～午後2時30分

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室(A615)

講師：Prof. Kwang-Yong Choi

所属：Department of Physics, Chung-Ang University, Seoul

要旨：

The exactly solvable Kitaev model on a honeycomb lattice provides a novel platform to achieve an elusive quantum spin liquid and Majorana quasiparticles. In the quest for Kitaev honeycomb magnets, the two-dimensional layered ruthenate $\alpha\text{-RuCl}_3$ and iridates A_2IrO_3 ($\text{A}=\text{Na}, \text{Li}$) are considered a prime candidate. In this seminar, I will discuss our group's endeavor to search the predicted exotic states of matter in Kitaev candidate materials.

First, we present the combined thermodynamic, Raman and neutron scattering results of $\alpha\text{-RuCl}_3$. We provide experimental signatures of itinerant Majorana excitations as a Y-shape dispersive excitation around the Γ -point and a magnetic continuum obeying Fermi statistics. The spin fractionalization is further corroborated by a two-stage release of magnetic entropy by $(R/2)\ln 2$. Second, we address an ensuing question whether Kitaev spin liquids are stabilized in the three-dimensional analogue of the honeycomb iridates, $\beta\text{-and}\gamma\text{-Li}_2\text{IrO}_3$. Using polarization-resolved Raman spectroscopy, we find that the temperature dependence of the Raman spectral weight is dominated by the thermal damping of fermionic excitations, similar to $\alpha\text{-RuCl}_3$. Finally, we discuss an on-going project on the newly discovered copper iridate Cu_2IrO_3 , being in closer proximity to the ideal geometry of the Kitaev honeycomb model than its

predecessors $A_2\text{IrO}_3$ ($A = \text{Na, Li}$) mainly due to the eclipsed stacking of adjacent layers. Preliminary characterizations reveal random Kitaev magnetism, evading a long-range magnetic order, unlike $A_2\text{IrO}_3$.

標題：理論インフォーマルセミナー：Interlayer excitons in TMDCs

日時：2019年2月6日(水) 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：Dilna Azhikodan

所属：Division of Condensed Matter Theory, The Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo

要旨：

The few layer transition metal dichalcogenides (TMDCs) are two dimensional materials that have an intrinsic gap of the order of $\approx 2\text{eV}$. The reduced screening in two dimensions implies a rich excitonic physics and, as a consequence, many potential applications in the field of opto-electronics. Here I show that a layer perpendicular electric field, by which the gap size in these materials can be efficiently controlled, generates an anomalous inter-layer exciton whose binding energy is independent of the gap size. I show this originates from the rich gap control and screening physics of TMDCs in a bilayer geometry: gating the bilayer acts on one hand to increase intra-layer screening by reducing the gap and, on the other hand, to decrease the inter-layer screening by field induced charge depletion. This constancy of binding energy is both a striking exception to the universal reduction in binding energy with gap size that all materials are believed to follow, as well as evidence of a degree of control over inter-layer excitons not found in their well studied intra-layer counterparts. The ground-state density functional theory (DFT) calculations are performed using the Perdew-Burke-Ernzerhof (PBE) exchange-correlation functional using the PAW method as implemented in the VASP code. I have employed the non-self-consistent GW method to determine the many-body gaps, with excitonic properties calculated by solving the Bethe Salpeter equation (BSE) in the $q \rightarrow 0$ limit.

標題：量子物質セミナー：Spin liquids in rare earth pyrochlores : quantum spin ice and beyond

日時：2019年2月12日(火) 午前11時～午後0時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室(A615)

講師：Prof. Subhro Bhattacharjee

所属：International Centre for Theoretical Sciences, Bengaluru

要旨：

Rare earth pyrochlores present many possible candidates for hosting Quantum spin liquids (QSL). In this talk, starting with the most well-known QSL proposed for these materials– the Quantum Spin Ice, I will discuss the effect of an external electric field to probe the QSL and drive transition. I will end with a discussion of possible alternatives candidate QSLs beyond Quantum Spin Ice and in particular discuss the properties of a fermionic QSL and its competition with magnetic phases in context of rare earth pyrochlores.



標題：量子物質セミナー：Dirac Electrons in Kagome Lattice Materials

日時：2019年2月14日(木) 午後2時～午後3時

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室(A615)

講師：Prof. Joseph Checkelsky

所属：Massachusetts Institute of Technology (MIT) Department of Physics

要旨：

The kagome lattice is a two-dimensional network of corner-sharing triangles known as a platform for exotic quantum magnetic states. Theoretical work has predicted that the kagome lattice may also host exotic Dirac electronic states including those with non-trivial topology. We here present our recent work in conducting, layered kagome materials exploring these Dirac-like states, particularly in systems with magnetic order. We describe observations of massive Dirac states and associated Berry curvature induced transport. We also demonstrate the detection of these states from de Haas-van Alphen oscillations and their modification in magnetic field. Finally, we discuss the promise for these materials in terms of realizing robust time-reversal-breaking topological phases.

標題：機能物性セミナー：カオスから秩序へ - 細胞内 Ca²⁺光操作による機能創発

日時：2019年2月21日(木) 午前10時～午前11時～45分

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室(A615)

講師：八尾 寛

所属：東北大学・生命科学研究所

要旨：

骨格筋細胞においては、アクチン、ミオシンなどの収縮タンパク質や関連構造タンパク質が周期約 2 μm の秩序だった構造(サルコメア)を構築していることにより、収縮機能が生み出される。サルコメア・アセンブリ(sarcomere assembly)は、生物系における自己組織化の典型であり、「活動」依存であるとされてきた。たとえば、運動ニューロンが骨格筋に作るシナプスの活動がサルコメア・アセンブリを促進する。われわれは、「活動」の正体が筋細胞膜電位の周期的変動(膜電位振動)であるという仮説を光遺伝学的に検証した。すなわち、光駆動陽イオンチャネル(チャンネルロドプシン)を細胞膜に発現させ、周期的に光照射することにより、サルコメア形成が促進されるとともに光照射に同期した収縮機能が創発することを報告した[1,2]。では、膜電位振動がいかんにしてサルコメア・アセンブリを引き起こすのだろうか？細胞内 Ca²⁺の時空間的振動が必要十分条件なのではないだろうか？(Ca²⁺仮説)

そこで、細胞内小器官 Ca²⁺ストアの小胞体(endoplasmic reticulum, ER)に着目し、Ca²⁺透過性チャネルロドプシンに ER 膜を標的とするシグナルを付加した誘導体(ChRGRER, CatCh+ER)を開発し、細胞内 Ca²⁺ダイナミクスを光制御するシステムを構築した[3]。本システムを筋細胞に応用することにより、サルコメア・アセンブリの Ca²⁺仮説の検証が展望される。

【参考文献】

1. Asano T, et al. *Biotechnol Bioeng* 109:199-204 (2012).
2. Asano T, et al. *Sci Reports* 5:8317 (2015).
3. Asano T, et al. *Front Neurosci* 12:561 (2018).

標題：凝縮系セミナー：Quantum spin dynamics on frustrated triangular lattice: Bulk and ^{23}Na NMR studies of NaYbO_2 and NaYbS_2

日時：2019年2月27日(水) 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：安岡 弘志

所属：Physics of Quantum Materials, Max Planck Institute for Chemical Physics of Solid, Dresden

要旨：

Putative quantum spin liquid triangular materials, NaYbO_2 (powder) and NaYbS_2 (single-crystal) are investigated by bulk magnetization and specific-heat measurements, as well as by ^{23}Na NMR and Yb ESR techniques as local probes. No signatures of long-range magnetic order are found down to 0.3 K for both materials, evidencing a highly frustrated spin-liquid-like ground state in zero field. Under external magnetic fields ranging 3-7 T along the triangular lattice plane, signatures of magnetic order are observed in thermodynamic measurements, suggesting a possibility of an anisotropic field-induced quantum phase transition. The ^{23}Na NMR relaxation rates reveal the absence of magnetic order and persistent anisotropic magnetic fluctuations down to 0.3 K at very low fields, and confirm the bulk magnetic order above 3 T, field parallel to the triangular lattice plane, by the critical slowing down behavior of the nuclear relaxation, T_1 . The H-T phase diagram for the magnetic order is obtained and discussed along with the existing theoretical concepts for layered spin-1/2 triangular-lattice antiferromagnets.

標題：理論インフォーマルセミナー：The Achilles' heel of surface codes and why flying qubits might save the day.

日時：2019年3月1日(金) 午後1時30分～午後2時30分

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室(A615)

講師：Xavier Waintal

所属：Univ. Grenoble Alpes, CEA, INAC-Pheligs

要旨：

A quantum computer with only 100 perfect quantum bits could beat the largest existing classical computer for certain specific tasks. However, quantum speedup also requires an unprecedented accuracy in the control of quantum states. Quantum error correction codes are supposed to provide logical qubits that meet this challenge. In this talk, I will first briefly discuss the main stream approach to quantum error correction – surface codes – and show that although «topologically protected» from a mathematical perspective, they are vulnerable to local errors from a physics perspective. I will then describe how flying qubits might be more resilient to errors than localized qubits. The bulk of the talk will be devoted to the description of the progress made in Grenoble towards the realization of an electronic flying qubit.

This seminar is partially supported by JST CREST Grant Number JPMJCR1876, Japan.



標題：量子物性・ナノスケールセミナー：Broadband Ferromagnetic Resonance Spectroscopy: The “Swiss Army Knife” for Understanding Spin-Orbit Phenomena

日時：2019年3月7日(木) 午後2時～午後3時～30分

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室(A615)

講師：Justin M. Shaw

所属：National Institute of Standards and Technology, Boulder, Colorado, USA

要旨：

Modern spin-based technologies rely on multiple, simultaneous phenomena that originate from the spin-orbit interaction in magnetic systems. These include damping, magnetic anisotropy, orbital moments, and spin-orbit torques that are manifested in the spin-Hall and Rashba-Edelstein effects. While cavity based ferromagnetic resonance (FMR) spectroscopy has been used to characterize magnetic materials for many decades, recent advances in broadband and phase-sensitive FMR techniques have allowed further refinement, improved accuracy, and new measurement capability. In fact, broadband FMR techniques can now precisely measure spin-orbit torques at the thin-film level without the requirement of device fabrication [1].

Broadband FMR measurements have also improved our fundamental understanding of magnetic damping. Numerous extrinsic relaxation mechanisms can obscure the measurement of the intrinsic damping of a material. This created a challenge to our understanding of damping because experimental data were not always directly comparable to theory. As a result of the improved ability to quantify all of these relaxation mechanisms, many theoretical models have been refined. In fact, this has recently led to both the prediction [2] and discovery [3] of new materials with ultra-low magnetic damping that will be essential for future technologies based on spintronics, magnonics, spin-logic and high-frequency devices.

I will begin this lecture with a basic introduction to spin-orbit phenomena, followed by an overview of modern broadband FMR techniques and analysis methods. I will then discuss some recent successes in applying broadband FMR to improve our ability to control damping in metals and half-metals, quantify spin-orbit torques and spin-diffusion lengths in multilayers, and determine the interrelationships among damping, orbital moments, and magnetic anisotropy [4], [5]. The impact of these result on specific technologies will also be discussed.

- [1] A. J. Berger, E. R. J. Edwards, H. T. Nembach, A. D. Karenowska, M. Weiler, and T. J. Silva, “Inductive detection of fieldlike and dampinglike ac inverse spin-orbit torques in ferromagnet/normal-metal bilayers,” *Phys. Rev. B*, vol. 97, 094407, Mar. 2018.
- [2] S. Mankovsky, D. Ködderitzsch, G. Woltersdorf, and H. Ebert, “First-principles calculation of the Gilbert damping parameter via the linear response formalism with application to magnetic transition metals and alloys,” *Phys. Rev. B*, vol. 87, 014430, Jan. 2013.
- [3] M. A. W. Schoen, D. Thonig, M. L. Schneider, T. J. Silva, H. T. Nembach, O. Eriksson, O. Karis, and J. M. Shaw, “Ultra-low magnetic damping of a metallic ferromagnet,” *Nat. Phys.*, vol. 12, pp. 839–842, Sep. 2016.
- [4] J. M. Shaw, H. T. Nembach, T. J. Silva, and C. T. Boone, “Precise determination of the spectroscopic g-factor by use of broadband ferromagnetic resonance spectroscopy,” *J. Appl. Phys.*, vol. 114, 243906, Dec. 2013.
- [5] J. M. Shaw, H. T. Nembach, and T. J. Silva, “Resolving the controversy of a possible relationship between perpendicular magnetic anisotropy and the magnetic damping parameter,” *Appl. Phys. Lett.*, vol. 105, 062406, Aug. 2014.

標題：LASOR セミナー：A New Look at an Old Puzzle: ARPES on Ba1-xKxBiO3

日時：2019年3月11日(月) 午後2時～午後3時

場所：物性研究所本館 6階 第5セミナー室(A615)

講師：Nicholas C. Plumb

所属：Swiss Light Source, Paul Scherrer Institut

要旨：

The fact that T_c in perovskite bismuth oxides can exceed 30 K has been known since right around the discovery of the high- T_c cuprates. Yet for various reasons, the bismuthates were never studied to nearly the extent of cuprates or, later, iron-based superconductors. This is pity, because their phenomenology and underlying physics connect with a wide array of contemporary interests: not only unconventional/high- T_c superconductivity, but also metal-insulator and insulator-superconductor transitions, (bi)polarons, DWs/charge-order, disordered systems, and so on. Recently we have succeeded in performing ARPES in situ on high-quality films of Ba_{1-x}K_xBiO₃. We revealed that the band structure of the insulating parent compound ($x = 0$) can be reasonably captured by simple LDA [1]. The gap opens in a predominantly oxygen-derived band, signaling the role of a negative charge transfer energy and supporting the notion that the ground state involving ordered BiO₆ breathing distortions is “bond disproportionated,” as opposed to classically charge-ordered among the bismuth cations. Our latest experiments [2] probe within the “under- to optimally-doped” region of the phase diagram. There we see a strongly dispersing metallic band forming a Fermi surface, despite an absence of peaks in the energy spectra that are the signatures of Landau-like quasiparticles. We observe, moreover, two types of pseudogap-like behaviors – i.e., gap-like suppressions of spectral intensity in the absence of an obvious gap-inducing symmetry. The first of these extends over a broad energy scale and persists above room temperature; the other is set in a narrow region around E_F and opens in a well-defined temperature range above T_c . This latter “pseudogap” is revealed to be a signature of metal-insulator phase separation. I will discuss how our observations fit within a polaronic understanding of these materials. In particular, we view the transition to phase separation as the precipitation of ordered bipolaronic insulating regions out of a disordered polaronic liquid. Some possible implications for superconductivity will also be discussed. (For potential users of Swiss Light Source, this talk will also mention recent developments and future plans for SIS beamline and the SLS as a whole.)

参考文献：

- [1] N.C.Plumb et al., Momentum-Resolved Electronic Structure of the High- T_c Superconductor Parent Compound BaBiO₃, *Phys. Rev. Lett.* 117, 037002 (2016).
- [2] M.Naamneh et al., Cooling a polaronic liquid: Phase mixture and pseudogap-like spectra in superconducting Ba_{1-x}K_xBiO₃, arxiv:1808.06135.

標題：機能物性セミナー：X線自由電子レーザーによるチャネルロドプシン時分割構造解析

日時：2019年3月20日(水) 午後1時～午後3時

場所：物性研究所本館 6階 第4セミナー室(A614)

講師：西澤 知宏

所属：東京大学・大学院理学系研究科・生命科学専攻

要旨：

ロドプシン類は細菌からヒトまで広く生物種に保存された光受容タンパク質であり、単細胞では光に反応して運動の方向を変える走光性などに、ヒトでは視覚における光受容といったような重要な機能に関わる。中でも藻類のもつチャネルロドプシン(ChR: channelrhodopsin)は特定の波長の光を受容することでイオンチャネルとしての機能を示し、



特定の波長の光によって神経活動の制御を行う光遺伝学と呼ばれる手法など、多くの応用研究に使われており、注目を集めている。このため、チャンネルロドプシンの構造情報は光遺伝学におけるツール開発にも有用なことから非常に重要な意味を持つ。現在までに、クラミドモナス由来のチャンネルロドプシン 2(CrChR2)を含むいくつかの ChR の構造が報告されているが、そのいずれもがイオンの透過孔の閉じた「閉状態」に相当するため、ChR が光を受けた際に、どのような構造変化が生じてイオン透過経路が形成されるのかという部分は未だに理解されていない。

近年、X 線自由電子レーザー(XFEL)と呼ばれる技術の登場によって、分子の構造変化をフェムト秒の時間分解能で明らかにできる方法が開発された。時分割シリアルフェムト秒結晶構造解析(TR-SFX: Time-Resolved Serial Femtosecond X-ray crystallography)と呼ばれるその方法では、光など特定の刺激と同期させて、高強度の X 線自由電子レーザーパルス光を微小結晶に照射して回折像を収集することで、結晶中での分子の構造変化を観察することができる手法であり、直接構造を観察できる手法の中では最も優れた時間分解能をもつ。日本における X 線自由電子レーザー施設である SACLA(SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser)においてもバクテリアのもつプロトンポンプであるバクテリオロドプシンの構造変化を明らかにすることに成功しており、非常に多くの注目を集めている(Nango et al., Science, 2016)。

我々は、チャンネルロドプシンの開状態に至る構造変化を明らかにするため、SACLA における TR-SFX の実験を行い、発色団レチナルが光を吸収することで生じる、イオンチャネルの開閉に関わる重要な構造変化を明らかにすることに成功した。今回の講演ではそれらの結果に関して発表したいと思う。

標題：機能物性セミナー：表面・界面ナノ物性評価のための高分解能レーザー励起光電子顕微鏡

日時：2019 年 3 月 22 日(金) 午前 10 時～

場所：第 2 会議室

講師：谷内 敏之

所属：物性研究所 辛研究室

要旨：

表面や埋もれたナノ構造を非破壊で顕微観察する技術は応用・基礎の双方で重要な技術である。光電子顕微鏡(PEEM)は紫外線を入射光として利用し、放出された光電子の実空間イメージングを行うことで、試料の物性に敏感なイメージングが可能な手法である。本研究では大強度の連続波(CW)深紫外レーザーと収差補正機構を有した PEEM を組み合わせた評価手法を開発することで、これまで PEEM の課題であった高い空間分解能(3nm)を実現した。本セミナーでは表面ナノ物性の実施例として SrTiO₃ 表面に現れる室温強磁性の直接観察を紹介する。また埋もれた界面ナノ物性の実施例として、キャップ層が堆積された磁性薄膜、酸化物ヘテロ界面で発現する強磁性相、また電子デバイスの非破壊状態観察の結果を紹介する。

**標題：中性子セミナー：Uncovering molecular mobility in confined state by combination of solids state
2H NMR and Quasi Elastic Neutron Scattering.**

日時：2019 年 3 月 26 日(火) 午後 4 時～午後 5 時

場所：物性研究所本館 6 階 第 2 セミナー室(A612)

講師：Dr. Daniil I. Kolokolov

**所属：1. Boreskov Institute of Catalysis, Siberian Branch of Russian Academy of Science, Group of
NMR spectroscopy of hydrocarbons catalytic transformations**

**2. Novosibirsk State University, Laboratory of structure and functional properties of molecular
systems, Department of Physics**

要旨：

The modern technologies, especially in the field of chemical engineering and energy related applications, are constant search for new tunable and adaptable materials. Such task demands for a more rational approach to the chemical design of new molecular systems. In many cases the structural methods of investigations are not sufficient since the base functionality is governed by the mobility of selected molecular components. Hence the knowledge behind molecular mobility mechanisms is essential. In my talk I will give a brief overview of how the combined use of solids state ^2H NMR and QENS can provide an efficient toolbox for probing molecular mobility in complex confined states. I will focus on two characteristic examples of the hydrocarbons diffusion in microporous metal-organics frameworks and protons migration in solid proton conductors and hydrates.

Daniil Kolokolov 氏は NMR を主な実験手段として固体中の分子運動を研究しているロシアの若手研究者です。最近、標題にあるように NMR と中性子準弾性散乱を組み合わせた研究をされています。特に、Metal Organic Framework (MOF) と呼ばれる多孔性物質中の分子運動の研究は注目を集めています。

標題：量子物性セミナー：阪大 QIQB 共催：Taming Quantum Entanglement

日時：2019 年 3 月 28 日(木) 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：Prof. Matthew P. A. Fisher

所属：University of California, Santa Barbara

要旨：

Non-local quantum entanglement – “spooky action at a distance” – is the key feature that distinguishes quantum from classical systems. The entanglement-entropy provides a measure of entanglement and for many-body systems is intimately connected to the thermal-entropy. Out of equilibrium, in a driven system or after a quantum quench, entanglement spreads ballistically with maximal entropy attained at long times – that is, complete disorder reigns. But not (always!) with life on earth! Why? In this talk I will discuss several different mechanisms to tame entanglement growth;

- (i) by quenched disorder in systems exhibiting many-body localization,
- (ii) by coupling light quantum particles to heavy (almost classical) particles, and
- (iii) by “looking repeatedly” at the system (i.e. making projective measurements) – a many-body quantum Zeno effect.

In the latter case, I will explore a novel hybrid quantum circuit model consisting of both unitary gates and projective measurements, presenting evidence for a new quantum dynamical phase transition between a weak measurement phase and a quantum Zeno phase. Detailed steady-state and dynamic critical properties of this novel quantum entanglement transition will be described.

Matthew Fisher 教授は超流動-絶縁体転移の先駆的研究など多くの業績で著名な物性理論家で、アメリカ物理学会 Oliver E. Buckley Condensed Matter Physics Prize (2015) などを受賞し、アメリカ芸術科学アカデミーおよび米国科学アカデミーの会員でもあります。大阪大学先導的学際研究機構量子情報・量子生命部門の設立に伴うキックオフシンポジウムで招待講演を行うため Fisher 教授が来日される機会に、量子エンタングルメントに関連する最近の研究について物性研で講演して頂く機会を設けました。

