

物性研究所セミナー

標題：第一回量子物質セミナー：Phase Slips in Superfluid Spin Transport in Magnetic Wires

日時：2016年10月11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：Dr. Se Kwon Kim

所属：University of California, Los Angeles, U. S. A.

要旨：

In this talk, we will discuss two types of mechanisms responsible for intrinsic resistance in superfluid spin transport in easy-plane magnetic wires: thermally-activated and quantum phase slips. First, we theoretically study thermally-activated phase slips within the stochastic Landau-Lifshitz-Gilbert phenomenology, which runs parallel to the Langer-Ambegaokar-McCumber-Halperin theory for thermal resistances in superconducting wires [1]. To that end, we start by obtaining the exact solutions for free-energy minima and saddle points. We provide an analytical expression for the phase-slip rate in the zero spin-current limit, which involves detailed analysis of spin fluctuations at extrema of the free energy.

Secondly, we theoretically investigate effects of quantum fluctuations on superfluid spin transport through easy-plane quantum antiferromagnetic spin chains in the large-spin limit [2]. Quantum fluctuations result in the decaying spin supercurrent by unwinding the magnetic order parameter within the easy plane, which is referred to as phase slips. We show that the topological term in the nonlinear sigma model for the spin chains qualitatively differentiates decaying rate of the spin supercurrent between integer and half-odd-integer spin chains. We propose an experimental setup for a magnetoelectric circuit, in which both phase slips can be inferred by measuring nonlocal magnetoresistance.

備考：[1] S. K. Kim, S. Takei, and Y. Tserkovnyak, Phys. Rev. B 93(2), 020402(R) (2016)

[2] S. K. Kim and Y. Tserkovnyak, Phys. Rev. Lett. 116(12), 127201 (2016)

標題：機能物性セミナー「人工細胞膜系における膜内2次元ドメインの構造・物性・反応性」

日時：2016年10月14日(金) 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：手老 龍吾

所属：豊橋技術科学大学

要旨：

両親媒性分子である脂質の二分子層膜、いわゆる脂質二重膜は細胞膜をはじめとする生体膜の基本構造である。細胞膜は生命活動に必要な物質・情報・エネルギーなどの全てを細胞内外でやり取りする反応場としての役割を担っている。これらの反応においては膜内の脂質やタンパク質の集合体が反応の制御に関わっていると考えられており、分子拡散や2次元ドメイン形成といった反応素過程を理解することは膜輸送反応の機構を理解するために重要である。固液界面に形成される支持脂質二重膜(supported lipid bilayer)は人工細胞膜モデル系の1つである。我々は原子間力顕微鏡による微細構造観察と、蛍光一分子追跡法による分子側方拡散性の計測を相補的に用いることによって、ナノメートル～マイクロメートル領域の構造観察と流動性計測、またこれらが生体由来の脂質膜やタンパク質との反応にどう関わるかについて研究を進めている。本講演では脂質二重膜のサブミクロン領域での脂質および膜タンパク質のドメイン構造とその動的過程、またこれらへの固体基板表面の関わりについて、最近の成果を紹介する。



標題：国際超強磁場科学セミナー：Quantum spin-crossover of correlated electrons

日時：2016年11月1日(火) 午後2時～

場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室 (A615)

講師：池田 暁彦

所属：東京大学物性研究所

要旨：

Spin state is a characteristic degree of freedom in a multi-electron and multi-orbital system (e.g. magnetic ion under crystal field) where crystal field splitting (Δ) and Hund's coupling (J) are delicately competitive. Low spin [LS] (or high spin [HS]) state emerges when Δ (or J) overwhelms the other. Recently, we found a low entropy phase in a spin crossover cobaltite LaCoO_3 at ultrahigh magnetic fields of above 100 T by means of magnetization measurement up to 140 T [1]. Various exotic orders are claimed as its origin such as LS/HS order and excitonic order. They are considered to be stabilized by the correlation effects based on analysis of the two-orbital Hubbard model [2, 3]. The excitonic phase is characterized with the spontaneous and quantum-mechanical mixing of the wave functions of LS and HS states. Whereas, the LS/HS ordered phase is the spatial alternation of the LS and HS states.

In the talk we briefly review our experimental results on LaCoO_3 [1] and Y-doped $\text{Pr}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{CoO}_3$ [4]. Then we discuss the physical origin of the possible stabilization of exotic phases [2] and their field effects [3]. We also mention our future plan.

[1] A. Ikeda et al., Phys. Rev. B 93, 220401(R) (2016).

[2] J. Nasu et al., Phys. Rev. B 93, 205136 (2016)

[3] T. Tatsuno, et al., J. Phys. Soc. Jpn. 85, 083706 (2016)

[4] A. Ikeda et al., Phys. Rev. B 94, 115129 (2016).

標題：LASOR セミナー：高空間分解能 ARPES 装置の開発と現状

日時：2016年11月2日(水) 午後4時～

場所：SPring-8 中央管理棟 3階 TV会議室 (TV会議 物性研第一会議室)

講師：岩澤 英明

所属：Diamond Light Source

要旨：

角度分解光電子分光(angle-resolved photoemission spectroscopy)は、固体の電子状態を直接観察できるため、固体物性を研究する上で有力な実験手法である。ARPES 実験では、入射光のエネルギー・偏光、試料角度・温度・表面状態、さらには、検出器のエネルギー分解能・角度分解能など、様々な計測要素・技術が関与する。本セミナーでは、これらの実験要素を上手く活用することで、多体効果の定量評価が可能となった例を紹介する[1, 2]。さらに、ARPES 技術の高度化を目指して、我々が取り組んでいる「高空間分解能化」の例として、広島大学放射光科学研究センター (HiSOR) にて建設したレーザー励起 micro-ARPES 装置、ならびに、Diamond Light Source (Beamline: I05) にて立ち上げを進めている nano-ARPES 装置について、現状と測定例を示す。

[1] H. Iwasawa et al., Phys. Rev. Lett. 105, 226406 (2010).

[2] H. Iwasawa et al., Phys. Rev. Lett. 109, 066404 (2012).

標題：第 40/41/42 回極限コヒーレント光科学セミナー

日時：2016 年 11 月 7 日(月) 午前 10 時～午後 5 時

場所：物性研究所本館 6 階 第 1 会議室 (A636)

要旨：10:00-11:00 井手口拓郎先生 (東京大学大学院理学系研究科)

「光周波数コムによる分子分光」

13:00-14:00 足立俊輔先生 (京都大学大学院理学研究科)

「深紫外ドライブレザーによる高調波発生：分子反応ダイナミクスの応用」

16:00-17:00 松永隆佑 (東京大学大学院理学系研究科)

「高強度テラヘルツ電場による非平衡超伝導ダイナミクスの研究」

標題：蛍光・化学発光タンパク質プローブの開発と生命科学研究への応用

日時：2016 年 11 月 14 日(月) 午後 1 時 30 分～

場所：物性研究所本館 6 階 第 1 会議室 (A636)

講師：永井 健治

所属：大阪大学 産業科学研究所

要旨：

蛍光タンパク質を利用した蛍光ライブイメージング技術の発展により、生理機能を生きたまま可視化する事が可能になった。また、超解像顕微鏡技術などの顕微鏡技術の発展も近年著しい。我々が開発した弱い光により光速に光スイッチングが可能な蛍光タンパク質 Kohinoor (コヒノール) を用いて生体に優しいナノスコピックイメージングが実現可能となった¹。しかしながら、サンプルへの光毒性や自家蛍光といった問題は励起光照射が不可避である以上、原理的に解決することはできない。このような状況の中で、ホテルに代表される生物発光を用いたライブイメージングに注目が集まりつつある。生物発光は蛍光と違い、外部からの励起光を必要としないため自家蛍光や生物個体に対する光毒性・光応答を回避する事ができる。生物発光の蛍光に対するこのような優位性は以前から認識されていたものの、放出するフォトン数が少なく数十分もの長時間露光が必要なため、これまでライブイメージングには使用されてこなかった。しかしながら近年、我々の開発した高光度発光タンパク質 Nano-lantern² とその波長変異体³、さらにはその増強型である eNano-lantern を利用することで化学発光でのライブイメージングが可能となった。本セミナーでは Nano-lantern およびそれをベースとする Ca²⁺, cAMP, ATP などの各種指示薬の開発、さらに光照射による細胞機能の操作技術、特に光増感を利用した生理機能の不活性化法⁵ とその生命科学研究への応用^{6,7} について最近の知見を紹介し、合わせて蛍光、発光イメージングの展望について議論したい。

標題：第 2 回光・量子融合連携研究開発プログラム合同研究会「放射光・レーザー連携による物質ダイナミクス研究」

日時：2016 年 11 月 15 日(火) 午前 10 時～

場所：高エネルギー加速器研究機構 4 号館 1 階セミナーホール

要旨：

文部科学省「光・量子融合連携研究開発プログラム」で、レーザー技術と放射光技術の融合による物質科学の創成を目指した二つの研究課題「極限レーザーと先端放射光技術の融合による軟 X 線物性科学の創成 (課題責任者：辛埴)」と「レーザー・放射光融合による光エネルギー変換機構の解明 (課題責任者：足立伸一)」による合同研究会を開催します。レーザーと放射光を共通基盤とした新しい物質科学の創成を目指して、現状報告と今後の方向性についての議論を行います。



標題：理論セミナー：Materials systems full of defects treated within KKR

日時：2016年11月18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：Dr. Martin Hoffmann

所属：東京大学物性研究所

要旨：

We studied several different materials systems with the focus on the appearance of defects. Thereby, alloys, oxides and surfaces were considered from the theoretical point of view using ab-initio methods. The main results were achieved with the Korringa-Kohn-Rostoker Green's function method (KKR), which is based on the multiple scattering theory and the density functional theory. This combination offers advantages compared to other ab-initio techniques when dealing with disordered systems or magnetic properties. For example, the coherent potential approximation describes an effective medium, which approximates randomly distributed atoms within the material and was recently extended to include also nonlocal effects like short-range ordering. On the other hand, the magnetic force theorem offers a fast and effective method for the calculation of the magnetic exchange interactions.

With these tools, we studied for example disorder in metallic alloys ranging from periodic long-range order over short-range order and totally disorder to segregation of the alloy constituents. We showed for AgPd alloys that the short-range order alters strongly the electronic structure [1]. The latter might be then an indicator for short-range order in experimental investigations. Defects play also a crucial role in oxide systems. The influence of oxygen vacancies and antisite disorder on the electronic and magnetic properties was studied for SrCoO₃[2] and Sr₂FeMoO₆[3]. We obtained good agreement with experimental observations. Besides, we calculated the crystal field parameters for single holmium atoms on a Pt surface from ab-initio and used exact diagonalization in order to resolve the splitting of the energy levels. The aim was to understand possible excitations and the high magnetic stability of the holmium atoms observed in surface tunneling experiments[4].

References:

[1] Hoffmann et al J. Phys.: Condens. Matter **28**, 305501 (2016)

[2] Hoffmann et al Phys. Rev. B **92**, 094427 (2015)

[3] Saloaro et al ACS Appl. Mater. Interfaces **8**, 20440 (2016)

[4] Miyamachi et al Nature **503**, 242 (2013)

標題：物性研&新領域ナノサイエンスセミナー：Quantum dots created by atom manipulation with the scanning tunneling microscope

日時：2016年11月18日(金) 午後3時～

場所：物性研究所本館6階 第2セミナー室 (A612)

要旨：

Atom manipulation with the scanning tunneling microscope (STM) makes it possible to create ultimately small structures at surfaces. We extended this technique to III-V semiconductors [1,2] and found that an atomically precise electrostatic surface-potential landscape can be designed by the controlled positioning of charged adatoms. In this way, quantum dots with identical, deterministic sizes can be created one atom at a time. By using the lattice of the InAs(111)A surface to define the allowed atomic positions, the shape and location of the dots is controlled with effectively zero error. The dots are assembled from -1 charged indium adatoms, leading to the confinement of intrinsic

surface-state electrons [3]. This approach enables one to construct quantum dot assemblies whose quantum coupling has no intrinsic variation but can nonetheless be tuned over a wide range.

In a related experiment, we found that the charge state and tunneling conductance of a single organic molecule adsorbed on InAs(111)A can be controlled by the adatom-induced gating potential [4]. Depending on the potential, the charge state can be tuned from neutral to -1. Moreover, the molecule changes its orientational conformation upon charging. This coupling between charge and conformation induces a conductance gap more than one order of magnitude larger than reported previously. The observed behavior can be understood as charge transport through a gated molecular quantum dot with coupled charge and orientational degrees of freedom.

Atom manipulation in combination with STM-based spectroscopy provides detailed insight into the quantum-physical properties of artificial surface structures at the smallest size scales. Understanding and controlling these properties - and the new kinds of behavior to which they can lead - will be crucial for integrating atomic-scale devices with existing semiconductor technologies.

- [1] S. Fölsch et al., Phys. Rev. Lett. 103, 096104 (2009).
- [2] J. Yang et al., J. Phys. Condens. Mater. 24, 354008 (2012).
- [3] S. Fölsch et al., Nature Nanotech. 9, 505 (2014).
- [4] J. Martínez-Blanco et al., Nature Phys. 11, 640 (2015).

標題：第 43/44/45 回極限コヒーレント光科学セミナー

日時：2016 年 11 月 21 日(月) 午前 10 時～午後 5 時

場所：物性研究所本館 6 階 第 1 会議室 (A636)

要旨：10:00-11:00 第 43 回極限コヒーレント光科学セミナー

小西邦昭先生 (東京大学大学院理学系研究科)

「サブ波長人工構造を用いた円偏光制御とその応用」

13:00-14:00 第 44 回極限コヒーレント光科学セミナー

廣理英基先生 (京都大学大学院理学研究科)

「高強度テラヘルツパルス光源の開発と固体との動的非線形相互作用」

16:00-17:00 第 45 回極限コヒーレント光科学セミナー

香川浩之先生 (奈良先端科学技術大学院大学)

「超短パルス波形整形を用いた量子状態制御」

標題：理論セミナー：キタエフ・イジング模型における新規量子相と“液-液”相転移

日時：2016 年 11 月 25 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：那須 譲治

所属：東京工業大学理学院

要旨：

2006 年に A. Kitaev によって導入された量子スピン模型であるキタエフ模型は、固体物理のみならず量子情報などを含む幅広い分野で注目を集めている。この模型は、蜂の巣格子以上に定義された $S=1/2$ 量子スピン模型で、厳密に解くこ



らかい生体物質がモーター蛋白質により力学的に駆動されることで営まれるが、系の非平衡性や非線形性のために、その特性が決定される機構に関しては不明な部分が多い。

私達は、非平衡状態に駆動された生体のモデル系として、“モーター蛋白質や遊走微生物により駆動されたゲル”を作製し、マイクロレオロジーと呼ばれる手法を用いてこれらのゲル内部で自発的に生じる揺らぎと力学応答を観測するための技術開発を推進してきた。その結果、これらのモデル系では熱平衡系における統計物理学の基本定理である揺動散逸定理[1,2]や中心極限定理[3]が破れていることを見出した。本講演では、こうした基本定理の破れの観測手法とその定量的解釈について述べ、非平衡系としての生体力学研究に実験面から寄与する今後の展望について議論する。

<参考文献>

- [1] D. Mizuno, C. Tardin, C. F. Schmidt, and F. C. MacKintosh, *Science* 315, 370 (2007).
- [2] D. Mizuno, R. Bacabac, C. Tardin, D. Head, and C. F. Schmidt, *Phys. Rev. Lett.* 102, 168102 (2009).
- [3] Irwin Zaid, D. Mizuno, *Phys. Rev. Lett.* 117, 030602 (2016)

標題：第2回 CDMSI (ポスト「京」重点課題(7)) シンポジウム ～次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成～

日時：2016年12月6日(火)～2016年12月7日(水) 午後1時～

場所：物性研究所本館6階 大講義室 (A632)

要旨：

7つのサブ課題の進捗とトピックス、および、ポスト「京」とのコデザイン状況を報告いたします。また、関連する「ポスト「京」重点課題・萌芽的課題」と「企業からの期待」に関する招待講演により、情報共有と課題間共創を図ります。

標題：理論セミナー：Quantum oscillations and Chiral anomaly without magnetic field in Dirac and Weyl semimetals

日時：2016年12月9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：Marcel Franz

所属：University of British Columbia

要旨：

Elastic strain is known to act as a pseudomagnetic field on the low-energy Dirac electrons present in graphene. We show that similar effect occurs in the recently discovered class of Dirac and Weyl semimetals whose low-energy electronic structure resembles that of graphene but promoted to three spatial dimensions. This gives rise to some remarkable phenomena in these materials including quantum oscillations driven by strain in the complete absence of external magnetic field and various novel manifestations of the Chiral anomaly such as the concept of "topological coaxial cable" which supports hydrodynamic flow of electrons with potentially very low dissipation. We describe these intriguing phenomena in some detail and discuss constraints on their experimental observability.



標題：Nonstationary Quantum Hall Effect in a Mesa Junction of a Charge Density Wave Conductor

日時：2016年12月14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：Prof. Serguei Brazovskii

所属：CNRS & University Paris-Sud, Orsay, France

要旨：

The technique of focused ion beams was applied to a quasi 1D compound NbSe₃ possessing the charge density waves (CDW). Here, a micron-width Hall bars stretching transversely to CDW chains were fabricated and studied in high magnetic fields. The complex of observed nonlinear and nonstationary effects is counterintuitive with respect to common notion for CDWs: the conductivity drops below the threshold rather than rising, Shapiro steps are quantized in voltage rather than in current, etc. [1].

The interpretation [1,2] invokes the deformable CDW in a restricted geometry for the quantum limit of carriers in remnant small pockets. In realities of the NbSe₃, the carriers are concentrated at the lowest one-two Landau levels forming, at no current, a fractionally ($n < 1$) filled quantum Hall (QH) state.

The gigantic dielectric constant of the CDW reduces the electric field of the Hall voltage directed along the CDW chains allowing for strong redistributions of the electronic density unthinkable in usual circumstances. At low temperature $T < 1$ K, the experimental Hall voltage ~ 1 meV forces all carriers to densely fill a fraction n of the chain length thus forming, under the current, the integer QH state while leaving the fraction $(1-n)$ of the chain length unoccupied. The electric field in charged regions adjacent to the boundaries easily exceeds the pinning threshold of the CDW; then the depinning propagates into the nominally pinned central region via sharp domain walls. Allowing for phase slips provides the exchange among reservoirs of normal and condensed electrons which gives rise to compensated collective and normal pulsing countercurrents driven by the Hall voltage.

This scenario is confirmed by a numerical modeling [2].

[1] Yu.I. Latyshev, A.A. Sinchenko A.P. Orlov, S. Brazovskii and P. Monceau, to be publ.

[2] S. Brazovskii, Physica B, 460, 236 (2015).

標題：第48/49/50回極限コヒーレント光科学セミナー

日時：2016年12月19日(月) 午前10時～午後5時

場所：物性研究所本館6階 第1会議室 (A636)

要旨：10:00-11:00 第48回極限コヒーレント光科学セミナー

嵐田雄介先生 (東京大学)

「飛行時間型分析器を用いた高効率かつ精度な時間分解角度光電子分光」

13:00-14:00 第49回極限コヒーレント光科学セミナー

樋口卓也先生 (ニュルンベルグ大学)

「光電場によるグラフェン中の電流制御」

16:00-17:00 第50回極限コヒーレント光科学セミナー

片山郁文先生 (横浜国立大学)

「探針増強テラヘルツ電場による超高速電子制御」

標題：ナノスケール量子物質セミナー 反転対称性が破れた固体中のスピン軌道相互作用と磁化制御

日時：2016年12月27日(火) 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：紅林 秀和

所属：ロンドン大学ナノテクノロジーセンター

要旨：

スピン軌道相互作用 (SOI) はその言葉の通り、電子の持つ二つの角運動量 (スピン角運動量と軌道角運動量) の相互作用である。最近の固体物理研究では、この SOI が誘起する新しい物性が盛んに研究されており、トポロジカル量子相の出現や Dzyaloshinskii-守谷相互作用を介した磁気スキルミオン相などがその一例になる。

本発表では、SOI が生む新しい電流スピン変換輸送現象とそれを用いた磁化制御について紹介したい。固体中の SOI ハミルトニアンは電子スピンと波数を含むためこの二つの物理量を結合させているが、固体中の電流がフェルミ面近傍の電子の波数シフトにより決まるため、電流とスピンを相互変換することができる。つまり、SOI は電流を用いてスピンを励起したり、逆にスピンを用いて電流を駆動させる機能を持つ。これら機能を決定するのが SOI ハミルトニアンであり、その対称性や大きさを結晶構造、構成元素そして最先端のナノテクノロジー技術 (薄膜制御技術) で制御することが、電流スピン変換を有限化・顕著化させるアプローチそして課題である。さらに本電流スピン変換機構で生成した伝導電子のスピン偏極を使えば、磁性体中の磁化にトルクを与え、その方向を電流により制御できる。この現象は (スピンホール効果から生まれるトルクと併せて) ”spin-orbit torques” と総称され、現在スピントロニクス分野で盛んに研究されている。発表では、我々の実験結果を中心として spin-orbit torques の基本概念、測定技術そして最近の発展を紹介し、スピントロニクス分野外の方々にできるだけ有益なものにする予定である。

--関連論文--

[1] A. Chernyshov et al., Nature Phys., 5 656 (2009).

[2] D. Fang et al., Nature Nanotech. 9 211 (2011).

[3] H. Kurebayashi et al., Nature Nanotech, 9 211 (2014).

[4] T. Skinner et al., Nature Comm. 6 6730 (2015).

[5] C. Ciccarelli et al., Nature Phys. 12 855 (2016).

[6] 日本語の解説論文として、紅林秀和 「スピン軌道相互作用に起因した新しいスピントルクの最近の発展」 固体物理 No.11 (通巻 597 号) 特集号 スピントロニクスの新展開—スピン変換現象を中心に

