物性研究所セミナー

標題:理論セミナー: Classical spin field theories and implications in 2+1 dimensions

日時: 2021 年 3 月 16 日(火) 午前 10 時 30 分~午前 11 時 30 分

場所:オンライン開催

講師: Dr. Sayak Dasgupta

所属: University of British Columbia and ISSP

要旨:

Micromagnetic field theories effectively capture the long-range static structures and dynamics of ordered spin systems at temperatures below their ordering temperatures. The field theory, if expressed in the correct form, further elucidates hidden features in the order. We discuss two such instances. First, we take a look at the 2+1D XY ferromagnet whose continuum field theory has been extensively studied in the context of the Kosterlitz-Thouless phase transition [1]. We show how the field theory describes an interpolation of the quantum statistics of a magnetic vortex—from bosonic to fermionic—using a duality map to 2+1D electromagnetism[2].

Second, we examine the field theory of a generic 3-sublattice antiferromagnet in 2D, exemplified by the Heisenberg model on the triangular [3] and kagome [4] lattices. In a ground state, spins from the 3 sublattices are coplanar and at angles of 120° to one another such that S1+S2+S3=0. The six normal modes, either keep the spins in this plane (the a modes) or take them out of the plane (the b modes). The soft modes bx, by, and a0 respect the ground-state condition S1+S2+S3=0 and are the Goldstone modes of the spontaneously broken SO (3) symmetry. The hard modes ax, ay, and b0 generate a net magnetization and are hence energetically costly.

The a0 singlet has a simple scalar field theory. The field theory of the b doublet is reminiscent of the elasticity theory of a 2-dimensional isotropic solid with two distinct "speeds of sound". Thus the 3 branches of low-frequency spin waves generally have 3 distinct velocities. The nearest-neighbor Heisenberg models on the triangular and kagome lattices are exceptional in that sense. The former exhibits an accidental degeneracy of the spin-wave velocities between the two b modes. The nearest-neighbor kagome model is similar to a two-dimensional solid with a vanishing shear modulus and thus a zero speed for the transverse part of the b doublet (the weather-vane mode) while the longitudinal part of the doublet is degenerate with the a0 mode. The 3 speeds can be readily calculated for any lattice model. The doublet a = (ax,ay) mediates the coupling between external perturbations – such as an applied magnetic field – and the antiferromagnetic order parameter. We apply this field theory to the hexagonal antiferromagnet Mn3Ge [5,6,7].

- [1] J. M. Kosterlitz, J. Phys. C7, 1046 (1974).
- [2] S. Dasgupta, S. Zhang, I. Bah, and O. Tchernyshyov, Phys. Rev. Lett. 124, 157203 (2020).
- [3] A. V. Chubukov, S. Sachdev, and T. Senthil, "Large-S expansion for quantum antiferromagnets on a triangular lattice," J. Phys.: Condens. Matter 6, 8891 (1999).
- [4] A. B. Harris, C. Kallin, and A. J. Berlinsky, "Possible Néel orderings of the Kagomé antiferromagnet," Phys. Rev. B 45, 2899 (1992).
- [5] S. Nakatsuji, N. Kiyohara, and T. Higo, "Large anomalous Hall effect in a non-collinear antiferromagnet at room temperature," Nature 527, 212 (2015).
- [6] Y. Chen, J. Gaudet, S. Dasgupta, G. Marcus, J. Lin, Y. Zhao, W. C. Chen, M.B. Stone, O. Tchernyshyov, S. Nakatsuji, C. Broholm, "Antichiral spin order its Goldstone modes and their hybridization with phonons in the topological semimetal Mn3Ge", Phys. Rev. B 102, 054403 (2020).
- [7] S. Dasgupta and O. Tchernyshyov, Phys. Rev. B 102, 144417 (2020).

標題:理論セミナー:第一原理バンド計算からの有効モデル構築

日時: 2021 年 3 月 26 日(金) 午後 4 時~午後 5 時

場所:オンライン開催

講師:榊原 寛史 所属:鳥取大学

要旨:

第一原理バンド計算は物質の全体的な電子構造を決定する手法であるが、揺らぎなどの電子相関効果を計算するコストはかなり大きい。そこで、(1)第一原理バンド計算から低エネルギー有効模型を導出し(2)それを用いて電子相関効果を数値的に計算するという方法がしばし用いられる。いわゆるハバード型の模型の構築については、最局在ワニエ軌道(MLFW [1])がよく用いられる。近年はホッピング積分だけでなく制限 RPA 法(cRPA [2])を用いて電子間相互作用のパラメータも第一原理的に見積もることができる。しかしながら、MLWFにはいくつかの問題点がある。発表では、MLWF及び cRPA で構築した新規ニッケル酸化物超伝導体[3]について得られた模型を紹介する。そこで、揺らぎ交換近似[4]を適用し水銀系銅酸化物と比較した結果を説明する[5]。続いて、LAPW 法と LMTO 法の融合手法である PMT 基底関数法[6.7]を用いた新しい有効模型構築方法について説明し、それをいくつかの単純な物質に適用した結果を紹介する。

- [1] N. Marzari and D. Vanderbilt, Phys. Rev. B 56, 12947 (1997).
- [2] F. Aryasetiawan, M. Imada, A. Georges, G. Kotliar, S. Biermann, and A. I. Lichtenstein, Phys. Rev. B 70, 195104 (2004).
- [3] D. Li et al., Nature 572, 624 (2019).
- [4] N. E. Bickers, D. J. Scalapino, and S. R. White, Phys. Rev. Lett. 62, 961 (1989).
- [5] H. Sakakibara, H. Usui, K. Suzuki, T. Kotani, H. Aoki, and K. Kuroki, Phys. Rev. Lett. 125, 077003 (2020).
- [6] T. Kotani and M. van Schilfgaarde, Phys. Rev. B 81, 125117 (2010).
- [7] T. Kotani, H. Kino, and H. Akai, J. Phys. Soc. Jpn 84, 034702 (2015).

標題:強磁場コラボラトリーセミナー:近藤半導体 YbB12 のテーマと新展開

日時: 2021 年 4 月 23 日(金) 午前 10 時~午前 11 時

場所:オンライン開催

講師:伊賀 文俊

所属:茨城大学大学院理工学研究科

要旨:

SmB6 と並ぶ代表的近藤半導体 YbB12 のこれまでの歴史を今一度振り返り、どのような問題意義があって、そして今何がホットな話題として取り上げられているか、総花的ながら提示を試みたい。

標題:理論セミナー:HOTI from string theory

日時:2021年5月14日(金) 午後4時~午後5時

場所:オンライン開催

講師: Prof. Koji Hashimoto

所属: Graduate School of Science, Kyoto University

要旨:

The higher order topological insulators (HOTIs) are a good playground to ask questions on spatial dimensionality in general physics. String theory, as a consistent quantum gravity, has a peculiar ability to control spacetime dimensions

to accommodate various physics systems. In 2016, we eventually discovered the notion of continuum HOTI, independently from the major work by Benalcazar et al., where our findings were naturally derived by applying the ideas of solitons, duality, and branes, which are major ingredients used in string theory, to topological materials. This talk explains our path, and discusses the physical origin of the continuum HOTIs from such string-theoretic or field-theoretic viewpoints.

標題:強磁場コラボラトリーセミナー:秩序型ラーベス相構造を利用した超伝導体の開発

日時: 2021年5月21日(金) 午前11時~午後0時

場所:オンライン開催

講師:工藤 一貴

所属:大阪大学大学院理学研究科

要旨:

ラーベス相化合物 AB2 は様々な結晶構造を示し、物質開発の魅力的な舞台を与えてくれる。代表的な結晶構造は MgZn2 型、MgCu2 型、MgNi2 型であり、それらを元にして様々なラーベス相構造が派生する。例えば、MgZn2 型の B サイトが TM3/4X1/4 のように秩序占有されると、TM のブリージングカゴメネットワークと X の三角形ネットワークができる。本セミナーでは、最近私たちが報告した秩序型ラーベス相超伝導体 Li2IrSi3、Mg2Ir3Si と、部分秩序型ラーベス相超伝導体 Mg2Ir2.3Ge1.7 を紹介する。さらに、時間が許せば、これまで報告した関連物質を紹介し、三角形、ハニカム、カゴメネットワークを持つ超伝導体の物質開発について述べたい。

標題:理論セミナー:Fermion Doubling Theorems in two-dimensional non-Hermitian lattices

日時:2021年5月28日(金) 午後4時~午後5時

場所:オンライン開催

講師: Dr. Ching-Kai CHIU

所属:理化学研究所 数理創造プログラム

要旨:

The fermion doubling theorem (ニールセン=二宮の定理) plays a pivotal role in Hermitian topological materials. It states, for example, that Weyl points must come in pairs in three-dimensional semimetals.

In this talk, I review the doubling theorem for various Hermitian systems and present an extension of the doubling theorem to non-Hermitian lattice Hamiltonians.

We work on two-dimensional non-Hermitian systems without any symmetry constraints, which can host two different types of topological point nodes, namely, (i) Fermi points and (ii) exceptional points. We show that these two types of protected point nodes obey doubling theorems, which require that the point nodes come in pairs.

Reference: Phys. Rev. Lett. 126, 086401 (2021).

標題:LASOR セミナー:ワイル反強磁性金属 Mn3Sn 薄膜のテラヘルツ異常ホール効果

高繰り返しシングルショット分光法の開発とマルチ時間スケールダイナミクスのへ応用

日時: 2021 年 5 月 28 日(金) 午前 10 時~午後 0 時

場所:オンライン開催

要旨:

1. 松田 拓也 (松永研究室)

【講演タイトル】

ワイル反強磁性金属 Mn3Sn 薄膜のテラヘルツ異常ホール効果

【概要】

反強磁性スピンはテラヘルツ周波数帯で動作するため高速スピントロニクスの観点からも近年注目を集めているが、強磁性と比べて外場に対する応答が非常に小さいためにスピン秩序の情報を読み出すことが難しいという問題点が実用化を阻んでいる。近年、スピン多極子秩序に由来したワイル反強磁性金属 Mn3Sn が、室温で強磁性並みの巨大な異常ホール効果を示すことが明らかにされ注目を集めている[1,2]。本研究では、高精度偏光分解テラヘルツ時間領域分光系を開発し、Mn3Sn 薄膜の異常ホール効果をテラヘルツ周波数帯で観測した。その結果、強磁性体並みに大きな異常ホール電流がテラヘルツ周波数帯でもほぼ無散逸に流れることや、スピン秩序が半年以上経過しても安定に保持されること等を明らかにした[3]。本講演では得られた結果の詳細や今後の展望について紹介したい。

- [1] S. Nakatsuji, N. Kiyohara, and T. Higo, Nature 527, 212-215 (2015).
- [2] K. Kuroda et al., Nature Mater. 16, 1090-1095 (2017).
- [3] T. Matsuda et al., Nature Commun. 11, 909 (2020).
- 2. 小林 真隆 (秋山研究室)

【講演タイトル】

「高繰り返しシングルショット分光法の開発とマルチ時間スケールダイナミクスのへ応用」

【概要

物質の超高速応答の理解は、次世代の半導体デバイスや相変化材料を用いた記憶デバイスの開発に重要である。光誘起の相変化現象では、電子励起に伴うサブピコ秒の速い緩和ダイナミクスが引き金となり、ナノ秒~マイクロ秒の広範な時間スケールで構造変化が生じる不可逆現象であるが、このダイナミクスを完全に理解するためには、構造変化途中を含めた高速ダイナミクスを連続的に測定する必要がある。本研究では、超高速の波形信号の変化をリアルタイムで測定可能な高繰り返しシングルショット分光手法を開発し、超短パルスレーザーを用いた微細加工の観測に応用することで、1 パルス毎の表面構造の変化に伴うキャリアダイナミクスの変化を明らかにした。

標題:理論セミナー: Electron correlation effects near Van Hove singularities: Application to twisted bilayer graphene and supermetal

日時:2021年6月4日(金) 午後4時~午後5時

場所:オンライン開催

講師:磯部 大樹

所属:東京大学 大学院工学系研究科 物理工学専攻

要旨:

Electron correlation decorates the condensed matter physics, bringing symmetry breaking and ordered phases. It becomes vital when many electrons are active, namely near a Van Hove singularity (VHS) where the density of states (DOS) diverges. Since a VHS accompanies the topological transition of the Fermi surface, tunable materials are

desirable to observe VHS-related behaviors, for example, by strain or pressure. The seminar focuses on moiré superstructures made of van der Waals materials; twisted bilayer graphene allows band dispersion design by the stacking angle, and correlated insulating and superconducting states are observed near the so-called magic angle.

First, we introduce a theory that describes a possible mechanism for correlated insulating and superconducting states in twisted bilayer graphene [1]. Our analysis of a hot-spot model shows that d- or p-wave superconductivity and charge/spin-density wave emerge from Coulomb repulsion near VHS. We further investigate the tunable nature of twisted bilayer graphene, which invokes the notion of a high-order VHS [2]. We show that tuning a single tuning parameter, such as a twist angle of a moiré material, pressure, and strain, realizes a high-order VHS realizes a power-law divergence in the DOS in two dimensions, unlike the usual logarithmic one. We could attribute the origin of the so-called magic angle to the high-order VHS. Finally, we discuss correlation effects at a high-order VHS [3]. We perform a renormalization-group analysis to find a nontrivial metallic state, where various divergent susceptibilities coexist, but no long-range order appears. We term such a metallic state as a supermetal. Our controlled analysis at the interacting fixed point reveals that an interacting supermetal is a non-Fermi liquid.

[1] H. Isobe and L. Fu, Phys. Rev. Research 1, 033206 (2019).

[2] N. F. Q. Yuan, H. Isobe, and L. Fu, Nat. Commun. 10, 5769 (2019).

[3] H. Isobe, N. F. Q. Yuan, and L. Fu, Phys. Rev. X 8, 041041 (2018).

標題:理論セミナー:原子層合金の安定構造に基づく新たなマテリアルデザイン

日時:2021年6月9日(水) 午後4時~午後5時

場所:オンライン開催

講師:小野 頌太

所属:岐阜大学工学部電気・電子情報工学科

要旨:

グラフェンやシリセンなど様々な「原子層半導体」の物性研究が活発に行われているが、「原子層合金」の合成例は少なく、その安定構造の理解は進んでいない。また、グラフェンの積層がグラファイトであるような構造間の相関関係、より一般には「2D 構造とそれをビルディングブロックとする 3D 構造の安定性関係」が合金において存在するのかどうかは明らかではない。このような背景のもと、我々の研究グループでは形成エネルギーやフォノン計算に基づく「原子層合金科学」を展開している(単純金属 [1]、ポロニウム [2]、Lennard-Jones 結晶 [3]、二元合金 [4]、Pb-Sb 表面合金 [5]、Cu 規則合金 [6,7])。本セミナーでは、上述の安定性に関する相関関係が存在することを示した最近の第一原理計算結果を報告する。まず、2D単純金属の積層による 3D単純金属の安定化を議論する [1,2]。次に、Cu 規則合金に焦点を絞り、同様の安定性関係が成立することを示し、Bh や L11 構造などの準安定構造の存在を予言する [7]。また、3D 規則合金の実験的合成の有無が 2D 構造の安定性を決める例を示し、新たなマテリアルデザインの方法を模索する [4]。

[1] S. Ono, Phys. Rev. B 102, 165424 (2020).

[2] S. Ono, Sci. Rep. 10, 11810 (2020).

- [3] S. Ono and T. Ito, Phys. Rev. B 103, 075406 (2021).
- [4] S. Ono and H. Satomi, Phys. Rev. B 103, L121403 (2021).
- [5] S. Ono, J. Yuhara, and J. Onoe, Chem. Phys. Lett. 776, 138696 (2021).
- [6] S. Ono and D. Kobayashi, Phys. Rev. B 103, 094114 (2021).
- [7] S. Ono, arXiv:2105.05499.

標題:理論セミナー:Topological physics in synthetic quantum and classical matter

日時:2021年6月11日(金) 午後4時~午後5時

場所:オンライン開催

講師: Prof. Tomoki Ozawa

所属: AIMR, Tohoku University

要旨:

Initially found in solid-state electron systems, the quantum Hall effect and topological insulator physics have recently been influencing a wide range of quantum as well as classical systems. In this talk, I will give a brief overview of the recent progress of topological physics in AMO-related systems, with an emphasis on my own works. Here, AMO systems stand for atomic, molecular, and optical systems. The talk will focus, in particular, on the progresses made in ultracold atomic gases and photonic (polaritonic) cavity arrays. Some topics which I plan to cover in depth include synthetic dimensions and the notion of quantum geometric tensor.

標題:理論セミナー:Time-periodic ground-states

日時:2021年6月18日(金) 午後4時~午後5時

場所:オンライン開催

講師:Le Minh Cristian

所属:東京大学理学系研究科物理学専攻

要旨:

While we cannot define a ground-state of time-dependent quantum systems in general, the time-periodic systems can overcome this issue due to the application of Floquet theory. In principle this application results in a static-like system, so it would follow that there can be an equivalent ground-state for these time-periodic systems. Indeed we can define one from the average-energy [1], and in this seminar we will explain the procedures for doing so. We will also explore the properties of this ground-state and how it can be applied to develop practical calculations.

[1] C. M. Le, R. Akashi, and S. Tsuneyuki, Defining a Well-Ordered Floquet Basis by the Average Energy, Physical Review A 102, 042212 (2020).

標題:量子物質セミナー:核磁気共鳴測定で探る正方格子スピン系の圧力効果

日時: 2021 年 6 月 24 日(木) 午後 12 時 15 分~午後 1 時 15 分

場所:オンライン開催

講師:武田 晃

所属:凝縮系物性研究部門 山下研究室

要旨:

最近接格子間に磁気的相互作用 J1、次近接格子間に J2 が働く正方格子スピン系は磁気的相互作用の競合するフラストレート磁性体として興味が持たれている。反強磁性的な相互作用 J1 が J2 に比べて十分強い場合にはチェッカーボード状に反強磁性スピンが配列した磁気秩序相が現れ、逆に J2 が J1 に比べて強ければストライプ状の磁気秩序相が実現する。二つの磁気相は $J2/J1\sim0.5$ で切り替わり、その狭間にはスピン液体の出現が予想されている。しかしながら、これまでに合成されたモデル物質はいずれも反強磁性秩序を示し、狭間の相の発見には至っていない。

我々は、圧力により J2/J1 を制御することで中間相の探索を試みた。本発表では、圧力下で二つの反強磁性相の間の転移が生じる Mo 酸化物[1]を紹介したい。我々は圧力下において核磁気共鳴測定を行い、圧力印加による磁気構造の変化と磁

気相転移の原因と思われる構造転移を明らかにした[2]。発表では、まず、核磁気共鳴測定により得られる物質中の内部 磁場の情報が磁性や電子状態の解明に如何に役立つのかについて説明し、次いで詳しい実験結果を紹介したい。

- [1] H. Ishikawa et al., Phys. Rev. B 95, 064408 (2017).
- [2] H. Takeda et al., Phys. Rev. B 103, 104406 (2021).

標題:理論セミナー:Quadruple-q hedgehog-lattice spin texture in breathing-pyrochlore Heisenberg

antiferromagnets

日時: 2021 年 6 月 25 日(金) 午後 4 時~午後 5 時

場所:オンライン開催

講師: Kazushi AOYAMA 所属: Osaka University

要旨:

Recently, topological spin textures such as the magnetic skyrmion and its three-dimensional analogue, the magnetic hedgehog, have attracted much attention. Although the skyrmion and hedgehog have the same topological character, the latter has a singular point at its texture center, so that the hedgehog is sometimes called the magnetic monopole. Of recent particular interest is the hedgehog lattice which is a periodic array of the monopoles and anti-monopoles. Although the hedgehog lattice is known to be stabilized by the Dzyaloshinskii-Moriya (DM) interaction [1,2,3], a mechanism other than the DM interaction has not been reported so far.

In this talk, we show that the hedgehog lattice is realized in the classical J1-J3 Heisenberg model on the breathing pyrochlore lattice without the DM interaction [4]. A quadruple-q state with the ordering vector of $q = (\pm 1/2, \pm 1/2, \pm 1/2)$, which is realized for a large third nearest-neighbor antiferromagnetic exchange interaction along the bond direction J3, turns out to become the hedgehog-lattice state on the breathing lattice, while on the uniform lattice, it is a collinear state favored by thermal fluctuations. We will also demonstrate that in a magnetic field, the structure of the (1/2, 1/2, 1/2) hedgehog lattice is changed from cubic to tetragonal, resulting in a nonzero net spin chirality which in a metallic system, should yield a Hall effect of chirality origin.

Please access here for the registration: https://forms.gle/AMo5tqQoNoTR2e8Q9

- [1] N. Kanazawa et al., Nat. Commun. 7, 11622 (2016).
- [2] B. Binz and A. Vishwanath, Phys. Rev. B 74, 214408 (2006).
- [3] J. H. Park and J. H. Han, Phys. Rev. B 83, 184406 (2011).
- [4] K. Aoyama and H. Kawamura, Phys. Rev. B 103, 014406 (2021).

標題:強磁場コラボラトリーセミナー:S=1 有機ビラジカルの物質開発

日時:2021年6月30日(水) 午後4時~午後5時

場所:オンライン開催

講師:細越 裕子

所属:大阪府立大学大学院理学研究科

要旨:

有機ビラジカルを用いた S=1 磁性体について、最近の進展を紹介する。二次元磁気格子を中心に、フラストレート系 や、S=1/2 強磁性ダイマー系なども含め、物質設計と物性を概説する。

標題:理論セミナー:Symmetry-based indicator theories and beyond for predicting topological materials

日時:2021年7月2日(金) 午後4時~午後5時

場所:オンライン開催

講師: Dr. Tiantian Zhang

所属: Department of Physics and TIES, Tokyo Institute of Technology

要旨:

Topological electronic materials are new quantum states of matter hosting novel linear responses in the bulk and anomalous gapless states at the boundary, and are for scientific and applied reasons under intensive research in physics and in materials sciences. In 2019, three groups including us [1-3] scanned through a total of 39519 materials available in structural databases and found that as many as 8056 of them are actually topological (8889 if spin-orbital coupling is neglected). In order to make the calculated result more valuable, we built a topological material database based on it [4]. All the results are available and searchable at http://materiae.iphy.ac.cn/. We also plotted the band structure as well as the local density of states (DOS), shown on the same website.

In this talk, I will firstly make a brief introduction on topological band theory (TBT), especially for the symmetry-based indicator part [5-7], then introduce the efficient and fully automated algorithm in diagnosing 39519 non-magnetic materials basing on the TBT. At last, I will show how to use the topological material website by some material examples, such as the twofold unconventional Weyl node with C=4, associating with experimental results [8-9]

References

[1] T. Zhang, Y. Jiang, Z. Song, et al., Nature 566, 475-479 (2019).

[2] M. Vergniory, L. Elcoro, et al., Nature 566, 480-485 (2019).

[3] F. Tang, H. Po, et al., Nature 566, 486-489 (2019).

[4] http://materiae.iphy.ac.cn/

[5] H. Po, A. Vishwanath, H. Watanabe, Nat. Comm. 8, 50 (2017).

[6] Z. Song, T. Zhang, Z. Fang, C. Fang, Nat. Comm. 9, 3530 (2018).

[7] Z. Song, T. Zhang, C. Fang, Physical Review X 8, 031069 (2018).

[8] T. Zhang, R. Takahashi, C. Fang, S. Murakami, PRB 102 (12), 125148 (2020).

[9] H Li, T Zhang, et al., PRB 103 (18), 184301 (2021).

標題:理論セミナー:Magnetic materials design by representation theory & first-principles calculation

日時:2021年7月9日(金) 午後4時~午後5時

場所:オンライン開催

講師: Prof. Michi-To SUZUKI

所属: Institute for Materials Research, Tohoku University

要旨:

Diversity of physical properties of magnets provides a fascinating playground in condensed matter physics. What is interesting to note is that there are many restrictions for physical properties in magnets imposed by magnetic structure. It is often useful to represent some aspect of magnetic structure by using symmetry, order parameter, and topology. For example, it has been known that the finite elements of a linear response tensor are identified by the magnetic point group, which characterizes macroscopic symmetry of the magnetic structure.

Cluster multipole method is first suggested to identify the multipole order parameters related to anomalous Hall effect in antiferromagnets [1, 2] and is further developed to generate the orthonormal symmetrized magnetic structure

bases providing multipole expansion for a given crystal structure [3]. The symmetrized magnetic bases are useful to produce high symmetric magnetic alignments which can be good candidates of stable magnetic structures for a magnetic compound. We recently applied the cluster multipole method combined with first-principles theory to investigate the transport phenomena of magnetic systems with predicting stable magnetic structures [4, 5] and established a framework to systematically evaluate the stable magnetic structures for given crystal systems [6]. In this talk, I introduce an overview of cluster multipole method and application to the study of magnetic compounds.

- [1] Michi-To Suzuki, Hiroaki Ikeda, Peter M. Oppeneer, J. Phys. Soc. Jpn. 87, 041008 (2018).
- [2] M.-T. Suzuki, T. Koretsune, M. Ochi, R. Arita, Phys. Rev. B 95, 094406 (2017).
- [3] M.-T. Suzuki, T. Nomoto, R. Arita, Y. Yanagi, S. Hayami, H. Kusunose, Phys. Rev. B 99, 174407/1-10 (2019).
- [4] Vu Thi Ngoc Huyen, Michi-To Suzuki, Kunihiko Yamauchi, Tamio Oguchi, Phys. Rev. B 100, 094426/1-9 (2019).
- [5] Vu Thi Ngoc Huyen, Yuki Yanagi, Michi-To Suzuki, arXiv:2104.13704 (2021).
- [6] M.-T. Huebsch, T. Nomoto, M.-T. Suzuki, and R. Arita, Phys. Rev. X 11, 011031 (2021).

標題:強磁場コラボラトリーセミナー:立体的な曲面構造をもつグラフェンの電子物性

日時: 2021年7月20日(火) 午前11時~午後0時

場所:オンライン開催

講師:田邉 洋一

所属:岡山理科大学 理学部 基礎理学科

要旨:

グラフェンは、高い電気伝導性、熱伝導性、光学特性に加えて、安価で軽量、化学耐性、機械耐性に優れた原子層物質です。このグラフェンがもつ特徴を保持したまま立体的な構造を作製すると特異な物性や優れた特性を発揮すると言われており、この予測から幾何学的にいかに綺麗で折り目のない高品質なグラフェンシートを高密度に空間へ詰め込むかがグラフェンを利用したデバイスの特性向上に重要とされ、その物性理解と立体デバイスへの応用を目指した研究が現在盛んに行われています[1]。我々は、これまで、3次元ナノ多孔質グラフェンという3次元多孔質金属表面上へのCVD合成により作製した立体的な曲面構造をもつグラフェンを舞台として、その電子物性の理解を目指して研究を行ってきました。本講演では、本物質による電気2重層トランジスタの開発とその物性[2]、並びに、グラフェンの曲がり具合を示す曲率半径を意図的に変えた場合の電子物性について紹介します[3]。

- [1] 例えば、M. Koshino and H. Aoki, Phys. Rev. B 93, 041412 (2016).
- [2] Y. Tanabe et al., Adv. Mater. 28, 10304-10310 (2016).
- [3] Y. Tanabe et al., Adv. Mater. 32, 2005838 (2020).

標題:量子物質セミナー:弱強磁性体オルソフェライトにおけるスピン再配列転移のコヒーレント制御とスピノイズ分光

日時: 2021年7月21日(水) 午後12時15分~午後1時15分

場所:オンライン開催

講師:栗原 貴之

所属:極限コヒーレント光科学研究センター 板谷研究室

要旨:

反強磁性体におけるマグノンダイナミクスはテラヘルツ(THz)帯域に達し、典型的な強磁性体の歳差運動に比べて 1-2 桁近く高いことから、超高速のスピントロニクスデバイス応用への期待が高まりつつある。希土類オルソフェライト

(RFeO3,R=希土類) はこうしたサブ THz のマグノン周波数を持つ典型的なキャント型反強磁性体であり、超短パルスレーザーやテラヘルツ波を用いた磁気制御のプラットフォームとして 2010 年前後から盛んに研究が行われている。

オルソフェライトを特徴づけるのはスピン再配列転移である。オルソフェライトは内部の希土類電子系の状態に応じて 磁気異方性が大きく変化し、特定の温度領域において磁気秩序の配列方向が温度に応じて回転する。この再配列転移領域 では外場に対する敏感性が高まり、比較的小さな光強度でも大きな磁気的応答を示す。また、ポテンシャルが大きくソフ トニングすることから、有限温度による熱揺らぎの影響が観測可能なまでに増大する。

今回のセミナーでは、こうしたスピン再配列転移に際して生じるサブ THz 帯域のスピンダイナミクスの観測と、光によるその制御に関する最近の研究を紹介する。

[1] T.K. et al., Phys. Rev. Lett. 120, 107202 (2018).

[2] J. Lu et al., Phys. Rev. Lett. 118, 207204 (2017).

[3] G. Fitzky, TK, et al., Submitted (2021).

標題:理論セミナー: Scalable Boltzmann machine learning by quantum annealer

日時:2021年7月30日(金) 午後4時~午後5時

場所:オンライン開催

講師: Prof. Masayuki Ohzeki

所属: Graduate School of Information Sciences, Tohoku University/Institute for Innovative Research Tokyo Institute of Technology/Sigma-I Co. Ltd.

要旨:

In this talk, we demonstrate iterative-structured machine learning such as deep learning by using the D-Wave Advantage.

As is well known, the D-Wave quantum annealer outputs many realizations of the spin configurations following the Gibbs-Boltzmann distribution. The D-Wave quantum annealer is thus expected to be used in the Boltzmann machine learning and related models to compute the expectation at each epoch during the learning process. However, due to the bottleneck to newly input the parameters on the quantum processing unit, the efficient implementation is not demonstrated for deep architecture. In particular, the sampling conditioned on the visible variables demands repetition of the sampling by changing the parameters of the machine learning model.

We propose a new algorithm to perform the efficient Boltzmann machine learning including the hidden units and generalization to the iterated-structured machine learning such as deep learning. In addition, we introduce several aspects of our proposal. The first topic is that the architecture can be regarded as the variational circuits consisting of the quantum processing units on the D-Wave quantum annealer. The second one is that, by taking some limitation on several conditions, we find a relationship between our proposed method and several machine learning methods. The third one is that our technique makes it easier to perform the Boltzmann machine learning with the continuous variables available for practical applications.