

物性研だより

# BUSSEIKEN DAYORI

第59巻

第2号

2019年7月

■ グラフェンをトポロジカル絶縁体に

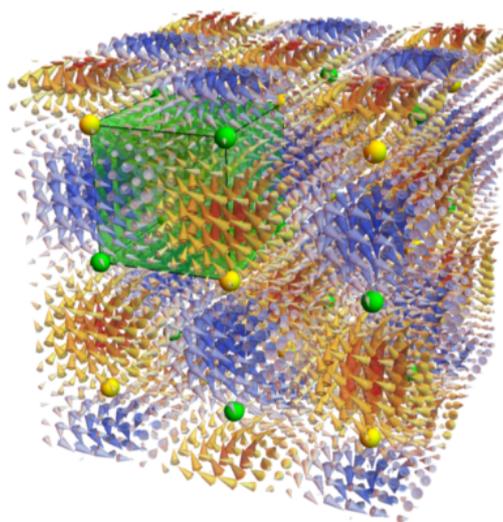
■ 超高速・超指向性・完全無散逸の3拍子がそろった  
理想スピンの創発と制御

～『弱い』トポロジカル絶縁体の世界初の実証に成功～

■ 強磁場で解き明かすトポロジカル磁気相転移

－スキルミオン格子から創発磁気モノポール格子へ－

■ 異なるタイプのスピン分裂バンドの共存



東京大学 物性研究所

THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS  
THE UNIVERSITY OF TOKYO

Copyright ©2019 Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo. All rights Reserved.

ISSN 0385-9843

contents

- 1 グラフェンをトポロジカル絶縁体に 春山 純志、中村 壮智、勝本 信吾

---

- 4 超高速・超指向性・完全無散逸の3拍子がそろった理想スピン流の創発と制御  
 ～『弱い』トポロジカル絶縁体の世界初の実証に成功～  
野口 亮、黒田 健太、近藤 猛

---

- 7 強磁場で解き明かすトポロジカル磁気相転移  
 ースキルミオン格子から創発磁気モノポール格子へー  
金澤 直也、藤代 有絵子、十倉 好紀、三田村 裕幸、三宅 厚志、松尾 晶、金道 浩一、徳永 将史

---

- 10 異なるタイプのスピン分裂バンドの共存  
矢治 光一郎、小森 文夫、ピシコフスキー アントン、田中 悟

---

- 13 日本中性子科学会ポスター賞を受賞して 長谷川 舜介

---

- 14 第 13 回日本物理学会若手奨励賞 (領域 5) を受賞して 玉谷 知裕

---

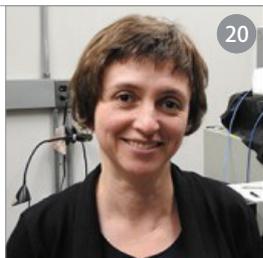
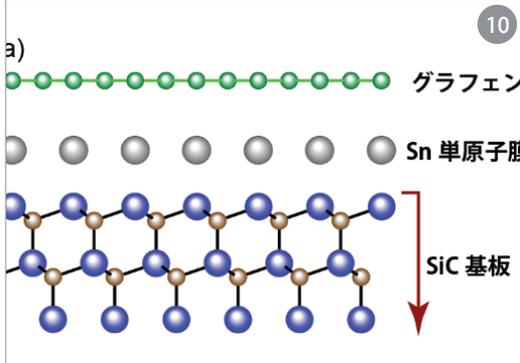
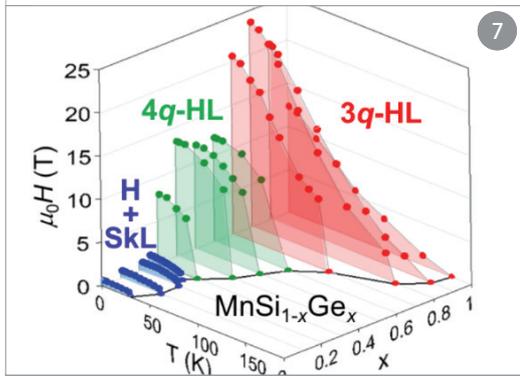
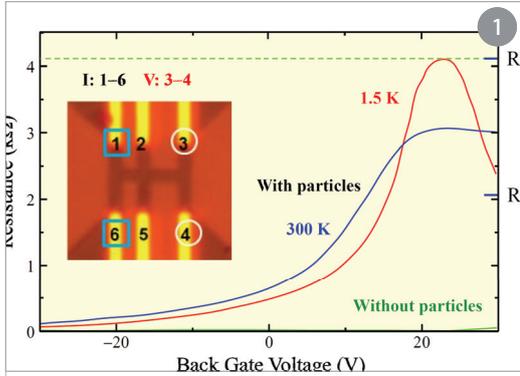
- 16 第 24 回日本物理学会論文賞を受賞して 北川 健太郎

---

- 18 第 13 回日本物理学会若手奨励賞を受賞して 酒井 明人

---

- 20 外国人客員所員を経験して Natalia DRICHKO



- 21 【物性研究所談話会】
  - 22 【物性研究所セミナー】
  - 【物性研ニュース】
  - 33 ○人事異動
  - 35 ○東京大学物性研究所教員公募について
- 編集後記

# グラフェンをトポロジカル絶縁体に

ナノスケール物性研究部門 春山 純志\*1、中村 壮智、勝本 信吾

## 1 はじめに

21世紀に入って物性物理学の世界で脚光を浴びたものに、グラフェンを始めとする2次元物質群と固体中のトポロジー概念がある。これらは無関係ではなく、前世紀、甲元によって初めて明確に認識された量子ホール効果におけるトポロジー概念[1]を、グラフェンのようなハニカム2次元格子にスピン軌道相互作用(SOI)を仮想的に導入することで、類似のトポロジー数が有限の2次元系が出現することを示した Kane-Mele の仕事がトポロジカル絶縁体(TI)の研究に火をつけたといえることができる[2]。しかし、実際のグラフェンでは構成原子が炭素原子という軽原子であり、格子が完全に2次元であることから、SOIは極めて弱く、到底TIにはなり得なかった。2次元TIは最初と考えられたものとはかなり異なる形で実証され[3]、その後3次元系で様々なTIが見出された[4]。しかし、当初予想されたような形、グラフェンなどの2次元物質にSOIを何らかの形で導入してTIにする、という試みも続けられた。これは、2次元物質そのものの電気伝導に基礎・応用の両面から興味を持たれ、SOIを空間変調をもって導入できれば、2次元物質とトポロジカル絶縁体との界面の物理が大きく広がる期待があったことが動機づけの一つになっている。

グラフェンへのSOI導入の様々な試みの中で、最初に注目されたのがグラフェン表面を一部水素化して2次元系に非対称性を導入するものである。特に注目されたのがシンガポール国立大の報告で[5]、0.05%の水素化で2.5 meVという大きなSOIギャップを導入できるとされた。しかし、実験手法の信頼度にやや問題があり、我々のところで同様な水素化法を用い、信頼度のより高い実験を行ったところ、確かにSOIは導入されるものの、その大きさはかなり小さいことが判明した[6]。

我々のグループでは、その後色々なSOI導入法を試みたが、最終的に重い元素からなる微粒子( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ )をグラフェン表面に分散する、という方法で大きなSOIギャッ

プを導入し[7]、トポロジカル絶縁体化することに成功した[8]。これらの研究結果について報告する。

## 2 実験

グラフェン表面の重元素修飾については、多くの理論が提唱されてきた。特にカリフォルニア大 Wu・カリフォルニア工科大 Alicea らのグループでは、被覆率僅か1%程度でランダム修飾した重原子からグラフェンにその均一なディラック状態を介して広がるトンネル電流により200 meVを超えるSOIギャップが導入され、高温まで安定なTI状態が形成されるとしている[9]。これに触発され、我々のグループでも様々な方法を試したが、グラフェンについては「医療ナノ針」を使う方法が唯一の成功例である\*2。

この方法では、まず $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ の微粒子をアセトン中に分散する。アセトン溶液を、数10  $\mu\text{m}$  オーダー内径の医療用の針先から手動で直接グラフェン表面に滴下し、この液滴を針先から吸引する。この滴下・吸引を数十回繰り返したのち、400°Cで高真空アニールすると、AFM観察(図1(a))から、滴下・吸引のサイクル数により表面被覆率を再現性良く制御できることがわかった。一見極めて原始的

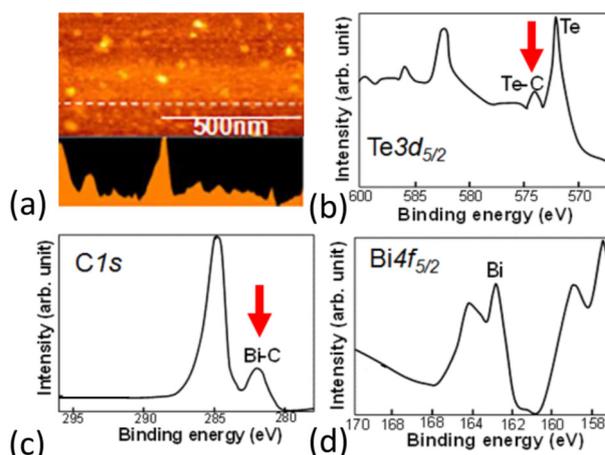


図 1 (a) グラフェン表面に分散した  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  微粒子の AFM 像。表面被覆率は 3%。(b)~(d)微粒子修飾したグラフェンの光電子分光スペクトル。

\*1 2018 年度客員所員。青山学院大学理工学部。

\*2  $\text{MoS}_2$  については、別の方法で類似の結果を得ることができた(論文準備中)。



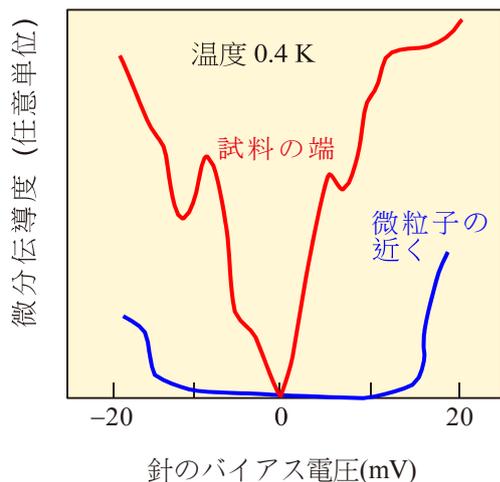


図3 低温 STM を用いて、探針を微粒子の近傍、および試料の端付近に固定し、バイアス電圧に対する微分伝導度( $dI/dV$ ) を測定した結果。

図3中の青線に示したように、探針を微粒子の近傍のグラフェン上に停止させて  $dI/dV$  を測定すると、[7]で報告した値に近い、20 meV 程度のエネルギーギャップを検出した。これは微粒子から離れると小さくなる傾向を見せている。そして、試料の端付近では、赤線で示したようにはっきりギャップが閉じていることがわかる。これらはすべて、グラフェンに SOI によるエネルギーギャップが導入されて QSH が発現し、ヘリカル端状態が生じているとして説明されるものである。

#### 4 今後の課題

以上、散々様々な方法を試した結果、意外なことに大変原始的な方法でようやくグラフェンを TI 状態にすることができた。当然ながら、非常に乱雑性が大きく、量子ホール効果状態で局在ポテンシャルの周りに沢山の端状態が生じているのと同様、試料の端だけではなく、微粒子の周りなどに沢山のヘリカル端状態が生じていると考えられる。何とか、より洗練された、一様性の良い手法を開発したいと考えている。

また、冒頭に述べたように、試料を部分的に TI 状態にして界面効果を見る、超伝導近接効果を加えてトポロジカル超伝導状態を探す、更に、我々の得意とするところであるナノメッシュによる強磁性体化[11]を施し、異常 QSH 効果を調べる、など、非常に多くの課題が考えられ、胸躍る日々を送らせていただいている。

本研究は、新学術領域研究ナノスピン変換科学—電氣的スピン変換の援助を受けて行われた。

#### 参考文献

- [1] M. Kohmoto, *Ann. Phys.* **160**, 343 (1985).
- [2] C. L. Kane and E. J. Mele, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 226801 (2005).
- [3] M. König *et al.*, *Science* **318**, 766 (2007).
- [4] Y. Ando, *J. Phys. Soc. Jpn.* **82**, 102001 (2013).
- [5] J. Balakrishnan *et al.*, *Nat. Phys.* **9**, 284 (2013).
- [6] T. Nakamura, J. Haruyama, and S. Katsumoto, *J. Phys. Soc. Jpn.* **85**, 105002 (2016).
- [7] T. Namba *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **113**, 053106(2018).
- [8] E. Hatsuda *et al.*, *Sci. Adv.* **4**, eaau6915 (2018).
- [9] J. Hu, J. Alicea, R. Wu, and M. Franz, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 266801 (2012).
- [10] M. Büttiker, *Phys. Rev. Lett.* **57**, 1761 (1986).
- [11] T. Shimizu *et al.*, *Nat. Nanotech.* **6**, 45 (2011).



ポロジカル表面状態が出現する。

図 1 にレーザーで測定した $\beta$ -Bi<sub>4</sub>I<sub>4</sub> の ARPES 結果を示す。本測定で用いたレーザー光のスポットサイズは 50  $\mu\text{m}$  程度であり試料表面のドメインに対して十分に大きいため、上面・側面の 2 つの面のバンド分散の重ね合わせが観測される。図 1(d) から、すべての角度でディラック型の分散が観測されており、図 1(c) に見られる擬一次元のフェルミ面を構成していることが分かる。このような擬一次元のディラック型状態は、バルクバンドや STI に現れるディラックコーン型の表面バンドでは説明できず、また (100) 面の  $\bar{\Gamma}$  点と  $\bar{Z}$  点に対応する角度でギャップレスとなっている特徴から、WTI に現れる側面表面状態であると考えられることができる。そこでスピン分解 ARPES 測定を行ったところ、図 1(e) に示すように側面 (100) 面内に強いスピン偏極が観測され、測定されたバンドが実際に側面のトポジカル表面状態であることが示唆された。

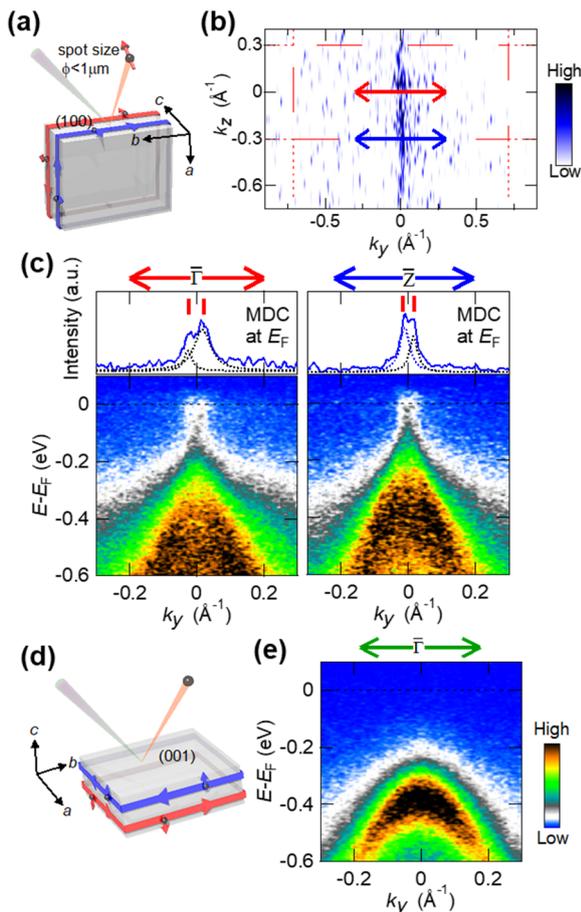


図 2 (a) Nano-ARPES による側面選択測定の概略。(b) 側面 (100) のフェルミ面マッピング結果。(c) 高対称点を通る ARPES 画像とフェルミ準位での運動量分散曲線 (MDC)。MDC ではディラック分散に対応する 2 つのピーク構造が確認できる。(d) 上面選択測定の概略。(e) (001) 面の  $\bar{\Gamma}$  点を通る ARPES 画像。

しかし前述したようにレーザーARPES では上面・側面を同時に測定しているため、放射光を利用して励起光のスポットサイズを 1  $\mu\text{m}$  以下に絞った nano-ARPES 装置を用いることで、上面と側面の表面選択測定を行い、ディラック型のバンドの由来を決定した。厚さ 30  $\mu\text{m}$  程度の薄い試料をサンプルホルダーに垂直に固定し、スコッチテープを使って直接側面を劈開することで試料側面のみでの ARPES 測定を行った(図 2(a))。測定されたフェルミ面は一次元的な光電子強度から形成されており、(100) 面の特徴と対応することが分かった。さらに  $\bar{\Gamma}$  点と  $\bar{Z}$  点を通るカットで ARPES 測定を行った結果を図 2(c) に示す。Diamond の nano-ARPES ではゾンプレート方式でスポットサイズを絞るため、励起光の強度が通常の測定装置の数 100 分の 1 程度となっている。そのため、一つの角度での光電子分布を 4 時間程度積算することで、十分なシグナルを得ることができた。運動量分布曲線から、フェルミ準位で 2 つのピーク構造が形成されており、ディラック型の分散が測定されていることが分かる。一方で (001) 面の測定も行ったところ、このような特徴は見られず(図 2e)、レーザーで測定された擬一次元状態は側面 (100) のみに出現する WTI の表面状態であることが結論できた。

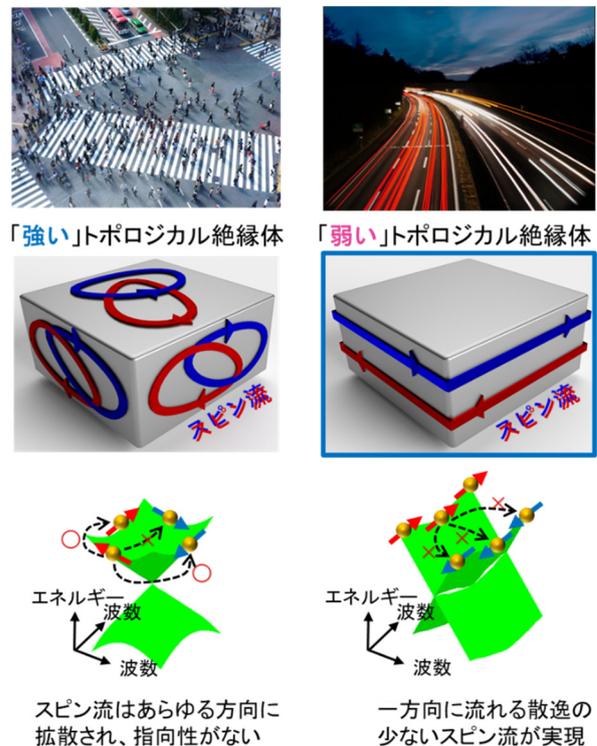


図 3 「強い」・「弱い」トポジカル絶縁体のイメージと概略図。「強い」トポジカル絶縁体では表面スピン流があらゆる方向に拡散していくのに対して、「弱い」トポジカル絶縁体では、散逸の少ない擬一次元スピン流が結晶側面を流れる。

まとめと今後の展望：

レーザー光と放射光を組み合わせた測定によって、 $\beta$ -Bi<sub>4</sub>I<sub>4</sub>で擬一次元の表面状態が側面に出現する WTI 相が実現していることが分かった。発見した状態は WTI 相の中でも最もシンプルな構造であり、量子スピンホール絶縁体(2次元トポロジカル絶縁体)の3次元版と考えることができる。量子スピンホール絶縁体では、試料の1次元エッジに純スピン流が流れるが、WTIでは、2次元空間である側面に擬一次元のスピン流が流れる。そのため、これまで見つけてきた2次元面内で拡散的な STI の表面状態とは大きく異なり、後方散乱の影響を受けにくい、高指向性のスピン流が高密度で存在していると考えられる(図 3)。これは「弱い」トポロジカル絶縁体ならではの理想的なスピン流が実現していることを意味している。さらに Bi<sub>4</sub>I<sub>4</sub> は、結晶構造が異なる  $\alpha$  相で通常の絶縁体となるという性質も本研究により確かめられた。これは構造相転移を利用した表面スピン流の制御が可能であることを示しており、スピン流を利用したトランジスタなど、新しい省エネルギーデバイスの研究に発展することが期待される。

謝辞：

本研究は東京工業大学フロンティア材料研究所の笹川崇男准教授、東京大学工学系研究科の有田亮太郎教授、大阪大学理学研究科の越智正之博士、産業技術総合研究所の白澤徹郎博士、東京大学物性研究所の幸埴教授、矢治光一郎助教らとの共同研究として行われました。この場をお借りして御礼申し上げます。

[1] L. Fu, C. L. Kane, and E. J. Mele, Phys. Rev. Lett. **98**, 106803 (2007).  
 [2] Y. Xia *et al.*, Nat. Phys. **5**, 398 (2009).  
 [3] G. Autès *et al.*, Nat. Mater. **15**, 154 (2016).  
 [4] C.-C. Liu *et al.*, Phys. Rev. Lett. **116**, 066801 (2016).  
 [5] R. Noguchi *et al.*, Nature, **566**, 518 (2019).  
 [6] K. Yaji *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **87**, 53111 (2016).

# 強磁場で解き明かすトポロジカル磁気相転移

## —スキルミオン格子から創発磁気モノポール格子へ—

東京大学大学院工学系研究科 物理工学専攻 金澤 直也、藤代 有絵子、十倉 好紀  
物性研究所 国際超強磁場科学研究施設 三田村 裕幸、三宅 厚志、松尾 晶、金道 浩一、徳永 将史

### スキルミオン格子と創発磁気モノポール格子

量子ホール効果の発見を契機として、物質中のトポロジカルな構造に由来した実効的な電磁場(創発電磁場)が量子物性に大きな影響を与えていることが認識されるようになりました[1]。スピン構造のトポロジーに目を向けると、実空間のスピン配列やその時間変化で決まる創発電磁場分布が現れるため、スピン構造の制御により多種多様な創発電磁場物性を実現できる可能性を秘めています。特にナノメートルスケールの2次元渦状磁気構造であるスキルミオン(図1上段右)は、外部刺激による生成や消去、そして創発磁場を用いた高効率な検出や駆動といった制御が可能であるため、スキルミオンを情報ビットとする磁気メモリデバイス開発といった応用も期待されています[2]。

スキルミオンは  $\text{MnSi}$  や  $\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x\text{Si}$  といった B20 型遷移金属化合物で観測されてきましたが[3,4]、同じ結晶構造を持つ  $\text{MnGe}$  ではヘッジホッグとよばれる3次元の特異なトポロジカルスピン構造が存在することが明らかになりました(図1下段右下)[5]。B20型化合物はキラルな結晶構造であるため、反対称的スピン間相互作用(Dzyaloshinskii-守谷相互作用、 $\propto \mathbf{S}_i \times \mathbf{S}_j$ )が強磁性相互作用( $\propto \mathbf{S}_i \cdot \mathbf{S}_j$ )と競合し、強磁性構造が捻られた状態が現れます。その捻り方向が複数ある場合、すなわち複数の磁気変調にモード間結合がある場合、トポロジカルな磁気構造が周期的に並んだ格子状態が実現します。例えば平面上の3方向の磁気変調( $q_1, q_2, q_3$ )が重なり合うと、スキルミオンが三角格子を組んだスキルミオン格子状態が現れ(図1上段)、互いに垂直に重なり合うとヘッジホッグ格子(3q-ヘッジホッグ格子、図1下段)が形成します。ここでヘッジホッグがもたらす創発磁場分布は中心から湧き出すまたは中心に吸い込まれるような構造であるため、ヘッジホッグ格子は創発磁気モノポール格子のように振舞います。

同じ結晶構造を持つ  $\text{MnSi}$  と  $\text{MnGe}$  において全く異なるスピン構造のトポロジーが現れることから、それらの固溶体である  $\text{MnSi}_{1-x}\text{Ge}_x$  の特定の組成において劇的なトポロジカル磁気転移が生じることが期待できます。本研究で

は  $\text{Si}$  と  $\text{Ge}$  の組成比を変化した一連の  $\text{MnSi}_{1-x}\text{Ge}_x$  を合成することにより、スキルミオン格子から創発磁気モノポール格子へと変形する過程を明らかにしました。特に、中間組成( $x=0.3-0.6$ )においてヘッジホッグ(創発磁気モノポール)と反ヘッジホッグ(反モノポール)が面心立方格子状に配列した新しいトポロジカル磁気構造が現れ、スキルミオン格子とも  $\text{MnGe}$  のヘッジホッグ格子とも異なる強磁場物性を示すことがわかりました。以下では、強磁場測定によって明らかにできた B20 型化合物  $\text{MnSi}_{1-x}\text{Ge}_x$  におけるトポロジカル磁気構造の変遷と創発磁場応答(トポロジカルホール効果)について紹介したいと思います。

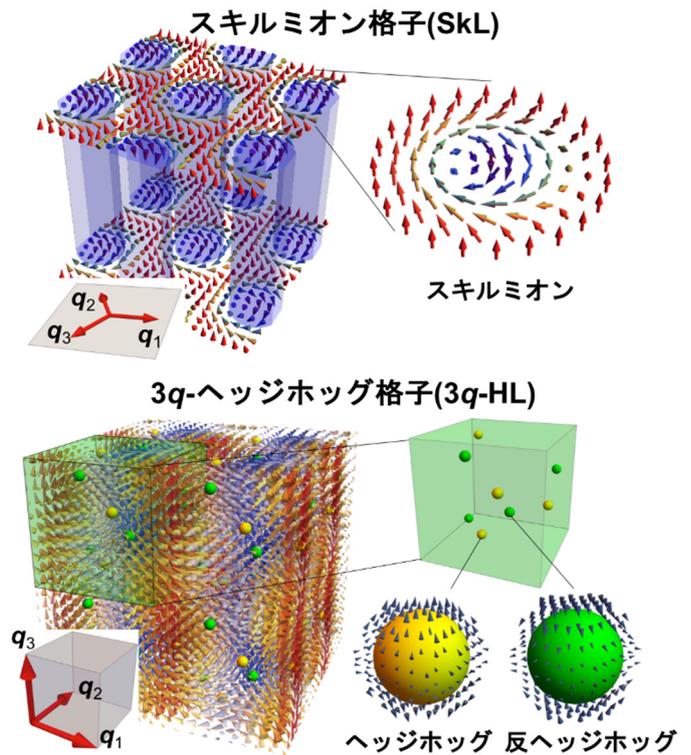


図1: スキルミオン格子(SkL, 上段)と  $\text{MnGe}$  に現れるヘッジホッグ格子(3q-HL 下段)。共に3つの磁気変調の重ね合わせ状態で記述できるが、それぞれ磁気変調方向が同一平面上であるか(SkL)、互いに直交するか(3q-HL)でスピン構造のトポロジーが異なってくる。



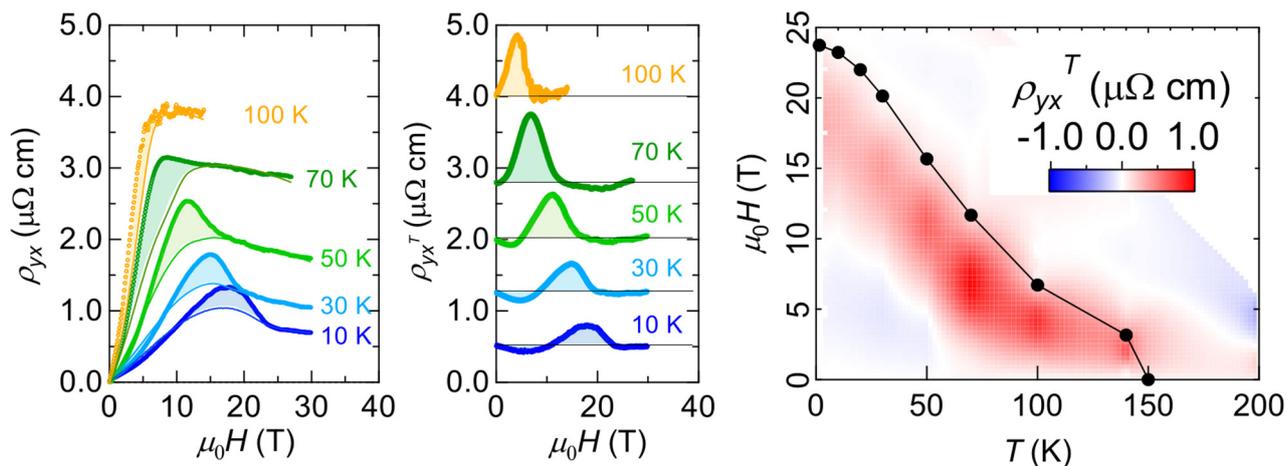


図 3:  $\text{MnSi}_{1-x}\text{Ge}_x$  ( $x = 0.8$ )におけるホール抵抗率(左)、見積もったトポジカルホール抵抗率(中央)、トポジカルホール抵抗率の温度・磁場依存性(右)。100 K以上の温度ではPPMSを用いて測定している。微小なホール抵抗率も高精度で測定できていることを強調したい。

図3左に示した各温度におけるホール抵抗率の磁場依存性を見ると、強磁性転移磁場以下の領域でホール抵抗率が非単調に変化していることが分かり、複雑な創発磁場分布によるトポジカルホール効果の存在が示唆されます。実際に正常・異常ホール効果の寄与を見積もると強磁性状態でホール抵抗率を再現するような曲線となり(図3左の細線)、有限のトポジカルホール効果が観測できました(図3左網掛け、網掛け部分を抜き出した図3中央)。見積もったトポジカル抵抗率を温度-磁場平面にプロットすると、低温低磁場では負の寄与となっているが、常磁性・強磁性転移に近づく高温高磁場において正の寄与へと符号変化しています。この符号変化は磁場や温度によって誘起されたスピン構造のダイナミクス(とそれに伴う創発電磁場)と関連している可能性があり、今後詳細な機構解明が望まれています。

### まとめ・展望

キラル磁性体  $\text{MnSi}_{1-x}\text{Ge}_x$  において、スキルミオン格子から異なる2つのヘッジホッグ格子へと多段階に転移する様子を解明しました。SiとGeの組成比制御は格子定数の変化に対応するため、同様に格子定数を変化させる外部圧力によってもスピン構造のトポロジー自体を制御できるかも知れません。一方で磁場によってもスピン構造を解く、すなわちトポジカル磁気転移を引き起こすことが可能で、密に配列したヘッジホッグ格子状態をはじめとして複雑に絡み合った様々なトポジカル磁気構造[7]に対して多角的な強磁場測定の威力が発揮されると期待されます。

### 謝辞

本研究における強磁場測定は物性研究所国際超強磁場科学研究施設共同利用による成果です。またJSPS 科研費(15H05456, 18K13497)ならびにJST 戦略的創造研究推進事業CREST(JPMJCR16F1)の助成を受けて行われました。

- [1] K. v. Klitzing, G. Dorda, and M. Pepper, *Phys. Rev. Lett.* **45**, 494 (1980).
- [2] 金澤直也, 于秀珍, 賀川史敬, 十倉好紀, 固体物理 **50**, 721 (2015).
- [3] S. Mühlbauer, B. Binz, F. Jonietz, C. Pfleiderer, A. Rosch, A. Neubauer, R. Georgii, and P. Böni, *Science* **323**, 915 (2009).
- [4] X. Z. Yu, Y. Onose, N. Kanazawa, J. H. Park, J. H. Han, Y. Matsui, N. Nagaosa, and Y. Tokura, *Nature* **465**, 901 (2010).
- [5] N. Kanazawa, Y. Nii, X.-X. Zhang, A. S. Mishchenko, G. De Filippis, F. Kagawa, Y. Iwasa, N. Nagaosa, and Y. Tokura, *Nature Commun.* **7**, 11622 (2016).
- [6] Y. Fujishiro, N. Kanazawa, T. Nakajima, X. Z. Yu, K. Ohishi, Y. Kawamura, K. Kakurai, T. Arima, H. Mitamura, A. Miyake, K. Akiba, M. Tokunaga, A. Matsuo, K. Kindo, T. Koretsune, R. Arita, and Y. Tokura, *Nature Commun.* **7**, 11622 (2016).
- [7] P. Sutcliffe, *J. Phys. A: Math. Theor.* **51**, 375401 (2018).



れた三次元的にスピントルを解析できる高分解能 SARPES 装置を用いて行われた[8]。

Sn/SiC(0001)の  $K_{SiC}$  方向[図 1(e)]の ARPES 測定を行うと、 $K_{SiC}$  点近傍において二つの Sn 由来のバンド( $S_1, S_2$ )が観測された[図 2(a)]。  $S_1$  は結合エネルギー1.5 eV 付近でエネルギーギャップをもち  $S_1$  と  $S_1'$  を形成している。また SARPES より  $S_1, S_1'$  それぞれは  $K_{SiC}$  点において面直方向のスピンをもっていることがわかった[図 2(b)]。したがって、 $S_1$  は  $K_{SiC}$  においてゼーマン型にスピンスplitしたバンドである。一方、 $S_2$  はフェルミ準位近傍において運動量方向にsplitしており、 $K_{SiC}$  点においてスピンス縮退し、 $K_{SiC}$  点を挟んでスピンス偏極が反転していることがわかった[図 2(c)]。したがって  $S_2$  はラッシュバ型にスピンスplitしたバンドである。

これまでは結晶の対称性とスピンスplitバンド構造は一対一で対応すると考えられていた[2,5]にもかかわらず、この Sn/SiC(0001)では、一つの  $K_{SiC}$  点においてゼーマン型とラッシュバ型両方のスピンスplitバンドが共存している。Sn/SiC(0001)においてSiC基板も含めた結晶構造を考えると、 $K_{SiC}$  点は鏡映面を含まないため、その対称性は  $C_3$  である。したがって、ゼーマン型スピンスplitは結晶対称性を考慮することにより矛盾なく説明できる。一方、ラッシュバ型のスピンスplitは従来の結晶構造の対称性を用いた考え方だけでは説明できない。

このメカニズムを解明するために第一原理電子状態計算を行った[6]。計算においても、 $K$  点においてゼーマン型とラッシュバ型両方のスピンスplitバンドが現れており、実験結果とよく一致する[図 3(a,b)]。そこで、 $K$  点における電荷密度分布の対称性を調べてみた。まず、 $S_1$  の  $K$  点における電荷密度分布を図 3(c)に示す。電荷密度分布の鏡映面が単位格子ベクトルに対して垂直になっていることがわかる。したがって、 $S_1$  の電荷密度分布は平面群  $p3m1$  に属し、 $K$  点の対称性は  $C_3$  である。これは基板も含めた Sn/SiC(0001)の結晶の対称性と同じである。したがって、電荷密度分布も  $S_1$  のゼーマン型のスピンスplitと矛盾しない。次に  $S_2$  の電荷密度分布を図 3(d)に示す。 $S_2$  の電荷密度分布では、その鏡映面と単位格子ベクトルが平行になっている。よって  $S_2$  の電荷密度分布は平面群  $p6m$  に属し、その場合は  $K$  点の対称性は  $C_{3v}$  である。この電荷密度分布の対称性は Sn/SiC(0001)の基板も含めた対称性とは異なり、この対称性からはラッシュバ型のスピンスplitバンドが誘起されてよい。

同じ  $K$  点であるにも関わらず電荷密度分布の対称性が

異なる原因は、それぞれの電子状態が感じる結晶ポテンシャルの違いに起因する。 $S_1$  の電荷密度分布[図 3(c)]には、SiC 基板の二層目の C 原子の真上の位置に空孔が存在している。これは  $S_1$  電子が SiC 基板の結晶ポテンシャルの影響を強く受けていることを意味している。この場合、結晶の対称性と電荷密度分布の対称性が同じになる。一方、 $S_2$  は Sn 原子と SiC 基板最上層の Si 原子との間の結合状態であり、SiC 基板の二層目の C 原子より下(つまりバルク)の結晶ポテンシャルの影響を受けていない。最上層の Sn-Si 結合の原子配列のみに注目すると、その結晶格子の平面群は  $p6m$  になっており結晶構造と電荷密度分布の対称性は一致している。すなわち、表面電子状態が基板の結晶ポテンシャルの影響を受けるかどうかで、電荷密度分布の対称性だけでなくそのスピンスplitバンド構造も変化することがわかった。

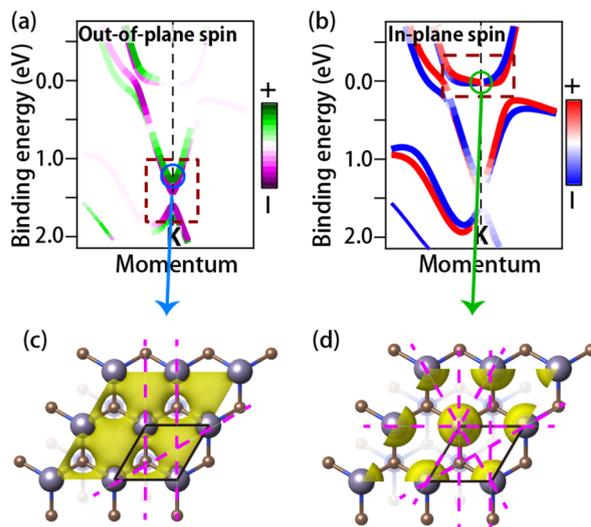


図 3. (a,b) 第一原理計算によって得られた Sn/SiC(0001)のバンド構造。緑-白-紫で面直方向のスピンス偏極度、赤-白-青で面内方向のスピンス偏極度をあらわす。(a)は面直スピンス成分、(b)は面内スピンス成分をあらわす。(c,d)  $S_1$  および  $S_2$  それぞれの  $K$  点における電荷密度分布。実線は単位格子、点線は電荷密度分布の鏡映面をあらわす[6]。

### 【まとめと展望】

本研究では、SiC 基板上的 Sn 単原子膜が大きくスピンス偏極した電子状態をもつことを発見した。さらに、 $K$  点において原子膜面直方向のスピンスを持ちゼーマン型にスピンスplitした電子バンドと面内方向のスピンスを持ちラッシュバ型にスピンスplitした電子バンドが共存していることを発見した。従来の結晶の対称性のみを取り入れた考え方ではこの結果は説明できないが、電荷密度分布の対称性まで考慮に

入れるとこの結果をよく理解できる。またここまでは考慮してこなかったが、この Sn 単原子膜の表面はグラフェンで覆われている。グラフェンはとても頑丈で安定な物質であるため、この試料は大気中でも安定である。グラフェンを保護膜として用いることで、これまで真空中でしか取り扱えなかったスピン偏極電子材料を大気中に取り出して利用することが可能となる。

### 【謝辞】

本研究は、東京大学物性研究所の辛埴、飯盛拓嗣、黒田健太、及び九州大学工學院の林真吾、梶原隆司の各氏との共同研究により行われました。本研究は JSPS 科研費 15K17675, 26287061, 18K01146, 18K03484 の助成を受けて行われました。

### 【参考文献】

- [1] K. Yaji *et al.*, Phys. Rev. B **98**, 041404(R) (2018).
- [2] T. Oguchi *et al.*, J. Phys.: Condens. Matter **21**, 092001 (2009).
- [3] K. Sakamoto *et al.*, Phys. Rev. Lett. **102**, 096805 (2009).
- [4] K. Sakamoto *et al.*, Phys. Rev. Lett. **103**, 156801 (2009).
- [5] K. Nakajin *et al.*, Phys. Rev. B **91**, 245428 (2015).
- [6] K. Yaji *et al.*, Phys. Rev. Lett. **122**, 126403 (2019).
- [7] S. Hayashi *et al.*, Appl. Phys. Exp. **11**, 015202 (2018).
- [8] K. Yaji *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **87**, 053111 (2016).

# 日本中性子科学会ポスター賞を受賞して

中性子科学研究施設 益田研究室 博士後期課程1年 長谷川 舜介

この度、2018年12月に開催された日本中性子科学会第18回年会にて「マルチフェロイクスにおける磁気モーメントの特異な電場・温度依存性」という題目で講演を行い、ポスター賞を受賞する榮譽に恵まれました。中性子科学会年会は中性子を用いた研究者を中心とした研究会で、100件以上のポスター発表があり、その中から4件にポスター賞が贈られました。以下、研究内容について簡単にご紹介します。

マルチフェロイクスとは(反)強磁性と(反)強誘電が共存するような物質群を指します。このマルチフェロイクスでは電気磁気効果と呼ばれる、電場(磁場)印加による磁性(誘電性)の変化が強く表れます。そのため、非共役な物理量の交差相関を研究する良い舞台となっています。

本研究の対象物質である  $\text{Ba}_2\text{MnGe}_2\text{O}_7$  は  $T=4\text{K}$  でスピンの  $ab$  面内を向いたコリニア反強磁性秩序を示します[1]。我々は当該物質の磁気励起が軌道と強く混成し、磁気異方性が非自明な温度依存性を示すことを明らかにしました。また磁気秩序と同時に、各 Mn サイトに  $c$  軸方向の電気分極が生じ、反強誘電秩序が発現します。それぞれの秩序状態は非共役な外場によって制御されることがバルク物性実験研究により報告されました[2]。そこで我々は、電場下中性子回折実験により、電場による磁気秩序の変化とその温度依存性を調べました。

実験で得られた中性子回折強度は印加電場に応じて変化することがわかりました。詳細な解析により、スピンはコリニアな反強磁性秩序を維持したまま、その向きだけを回転させていることがわかりました。3.3K より低温では、電場の増大に伴いスピンの回転角も単調に増大し、最大回転角は 2.9K において 21 度となりました。コリニアな磁気秩序における電場による局所的スピン制御は  $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$  に続いて二例目ですが、その最大回転角を 6 度から 3.5 倍も大きくすることに成功しました。3.3K 以上では、スピンの向きが電場によって変化しない領域の存在が確認されました。この領域では磁気異方性が電場によって増大し、スピンの向きの変化を妨げている可能性が考えられます。

本講演を行うにあたり、益田隆嗣先生、浅井晋一郎博士、林田翔平博士、Romain Sibille 博士をはじめ、多くの方々にお世話になりました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

- [1] T. Masuda *et al.*, Phys. Rev. B **81**, 100402 (2010).
- [2] H. Murakawa *et al.*, Phys. Rev. B **85**, 174106 (2012).
- [3] M. Soda *et al.*, Phys. Rev. B **94**, 094418 (2016).

余談ですが、益田研 HP にてブログをはじめました。  
<https://masuda.issp.u-tokyo.ac.jp/lab-diary.html>



写真 授賞式の様子



率依存特性は原子分子気体と同様の傾向を示すことになり  
ます。ところがより高強度の領域では、これらの性質が一  
変することになります。そしてこの特性は、狭ギャップ半  
導体やゼロギャップ半導体であるグラフェンを用いた高次  
高調波の実験で検証可能であることを予言しました[2]。

以上の考えを基礎にグラフェンを用いた高次高調波の実  
験を行った結果、上記の予言通り高次高調波が原子気体の  
示す性質とは大きく異なることを確認しました[3]。さら  
に比較のため同じ光源を用いて有限のバンドギャップエネ  
ルギーを持つ半導体で高次高調波の実験を行ったところ、  
原子気体と同様の性質を示すことを確認しました。このよ  
うに固体における高次高調波の発生機構が、バンドギャッ  
プエネルギーと外場強度の大きさの比で決定できることを  
示したのが今回受賞対象となった一連の研究成果となりま  
す[4]。

以上の成果は私一人の力では到底なし得ることができな  
いものでした。特に私の理論提案を面白がって下さり、多  
忙な中実験して頂いた田中教授を初めとする光物性研究室  
の皆様には心より感謝申し上げます。本研究はまだまだ発  
展途上であり、物質科学への拡張はもちろん、基礎的な側  
面においても3ステップ模型では説明できない様々な物理  
が内包されていると考えています。今後共、自身にも他人  
にも面白いと思っ頂けるような研究を心がけ、日々楽し  
く精一杯研究活動に打ち込む所存です。

## 参考文献

- [1] T. Tamaya, A. Ishikawa, T. Ogawa, and K. Tanaka,  
Phys. Rev. Lett, **116**, 016601 (2016).
- [2] T. Tamaya, A. Ishikawa, T. Ogawa, and K. Tanaka,  
Phys. Rev. B **94**, 241107(R) (2016).
- [3] N. Yoshikawa, T. Tamaya, and K. Tanaka, Science **356**,  
736 (2017).
- [4] 玉谷知裕, 「固体における高次高調波の発生機構」, 日本  
物理学会 vol **73**, No. 9, pp. 658-63 (2018).





高い精度で同時に両転移が起きていることを示しました。この構造相転移は近年、電子ネマティック不安定性として話題になっているのですが、その際、面内歪やドープなどでエンハンスされて観測されます。本研究は  $^{75}\text{As}$ -NMR を用いた電子ネマティック研究の対照リファレンスとしても引用されて、現時点までに200弱と少なくない引用数を頂いております。

ところで、物理学会の受賞理由では、「多くの研究者が超伝導状態の解明に注力し激しい競争を繰り広げていた。それに対して著者らは、そこから一步引いて母物質の磁性に焦点を当て、鉄系超伝導体の物性研究の基礎を築いた点で…」とユニークな紹介をされており若干気恥ずかしいです。鉄系超伝導の研究全体を富士山に例えると、裾野の一部として評価されたということですが、「基礎を築いた」ということで今回栄えある賞を頂きました。著者全員を代表して物性研究所の皆様に深く御礼申し上げます。

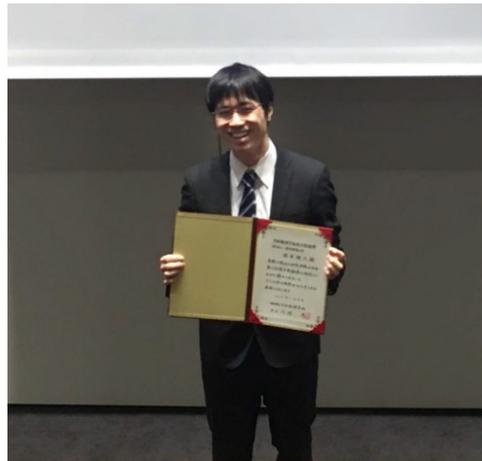


(2019年3月16日、九州大学伊都キャンパス椎木講堂にて)





ら有益なご討論ご助言をいただきました。本研究の一部は科学技術振興機構(JST) 戦略的創造研究推進事業 チーム型研究(CREST)「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」研究領域における研究課題「トポロジカルな電子構造を利用した革新的エネルギーハーヴェスティングの基盤技術創製」、文部科学省 科学研究費補助金新学術領域「J-Physics：多極子伝導系の物理」における研究計画班「A01：局在多極子と伝導電子の相関効果」の一環として行われました。また、日本学術振興会(JSPS)には特別研究員制度でご支援いただきました。関係者各位に深く御礼申し上げます。



- [1] A. Sakai, K. Kuga, and S. Nakatsuji, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **81**, 083702 (2012).
- [2] A. Sakai, S. Lucas, P. Gegenwart, O. Stockert, H. v. Löhneysen, and V. Fritsch, *Phys. Rev. B* **94**, 220405(R), (2016).
- [3] A. Sakai, *et al.*, *Nature Physics*, **14**, 1119–1124 (2018).
- [4] D. L. Cox, *Phys. Rev. Lett.*, **59**, 1240 (1987).
- [5] A. Sakai and S. Nakatsuji, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **80**, 063701 (2011).
- [6] K. Matsubayashi, T. Tanaka, A. Sakai, S. Nakatsuji, Y. Kubo, and Y. Uwatoko, *Phys. Rev. Lett.*, **109**, 187004 (2012).
- [7] Q. Si, *Physica B* 378–380, 23 (2006).
- [8] A. Dönni, G. Ehlers, H. Maletta, P. Fischer, H. Kitazawa, and M. Zolliker, *J. Phys.: Condens. Matter* **8**, 11213 (1996).
- [9] S. Nakatsuji, N. Kiyohara, T. Higo, *Nature* **527**, 212–215 (2015).
- [10] K. Kuroda, T. Tomita et al., *Nature materials* **16**, 1090–1095 (2017).
- [11] M. Ikhlas, T. Tomita, T. Koretsune, M.-T. Suzuki, D. Nishio-Hamane, R. Arita, Y. Otani and S. Nakatsuji, *Nature Physics* **13**, 1085–1090 (2017).



# 外国人客員所員を経験して

**Natalia DRICHKO**  
**Johns Hopkins University**

My scientific interest in physics of strongly correlated electronic systems of both organic and inorganic chemical origin results in a large overlap with a number of groups in ISSP. I know one of my hosts, Prof. Mori, since the time of my PhD, and even before coming to ISSP enjoyed great discussions on physics of organic conductors and Mott insulators with her when we met at conferences. The last year in my lab in the Johns Hopkins University we started to work on using Raman spectroscopy to get a deeper understanding of the spin-liquid candidate  $\text{Cat-H}_3(\text{EDT-TTF})_2$  synthesized in Prof. Mori's lab. More recently I have developed an active collaboration with Prof. Nakatsuji, when he was visiting the Johns Hopkins University. In my group in JHU we did studies of materials discovered in his group, such as proving dynamic Jahn-Teller distortion for  $\text{Ba}_3\text{CuSb}_2\text{O}_9$ . During the 6 months of my stay in ISSP we had many experimental works done in the groups of both of my hosts, Prof. Mori and Prof. Nakatsuji. In addition I have started many new collaborative projects with other groups in the University of Tokyo.

One of the main aims of my stay in ISSP was to understand magnetic properties of molecular-based quantum dipole liquid  $\kappa\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Hg(SCN)}_2\text{Br}$  and other molecular materials with a close structure and chemical composition. We performed measurements of magnetic properties in collaboration with Prof. Mori and Prof. Yamashita, and Prof. Uji's group at NIMS. In this half a year we made a lot of progress, discovering a possible spin liquid state in another molecular-based Mott insulator  $\kappa\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Hg(SCN)}_2\text{Cl}$ . We determined an unexpected ferromagnetic response in the quantum dipole liquid, which we now work on understanding.

Collaboration with Prof. Nakatsuji during my visit resulted in our thorough understanding a spin ferronematic state in  $\text{NiGa}_2\text{S}_4$ . Also, we started new work on  $\text{Mn}_3\text{Sn}$  synthesized and studied in Prof. Nakatsuji's group. We found a possible way to do an easy characterization of quality of the samples using Raman scattering spectroscopy system at the optical lab in ISSP. This is also a preparatory work for Raman studies of this material we will carry on in my lab in JHU.

As a whole, these 6 months were very productive. I enjoyed the atmosphere in ISSP, which provided many interesting seminars, and discussions with my hosts and members of their groups. It was great to be a part of ISSP community and to enjoy New Year Celebrations. I would like to thank both of my hosts, as well as many other members of ISSP, with whom I was working during this half a year.

# 物性研究所談話会

標題：ポルフィリンの磁氣的性質を利用した光物性と光機能～磁気キラル二色性とビタミン C 検出用蛍光プローブを中心に～

日時：2019年7月24日(水) 午後1時30分～

場所：物性研究所本館6階 大講義室(A632)

講師：石井 和之

所属：東京大学生産技術研究所

要旨：

新規電子構造の発見と解明は、新領域の開拓につながるだけでなく、新しい機能を開発する上で重要である。我々は、光合成のクロロフィルやヘモグロビンのヘムの基本骨格であるポルフィリンや、青色・緑色の染料・顔料、コピー機の電荷発生剤などとして利用されているフタロシアニンを対象とし、錯体化学・超分子化学を光化学・分子磁性と融合することで、新規分野の開拓、新機能創出を目指した以下の研究を展開している。

## ① 磁気キラル二色性 [1,2]

磁気キラル二色性(光学活性分子の光吸収が磁場の方向によって変化する現象)は、磁場中の光化学反応により片方の鏡像異性体の過剰を生み出すことができるため、生命のホモキラリティー起源の候補、光不斉合成法等として注目されている。我々は、大きな p 電子軌道角運動量を有するポルフィリン分子同士が捻れた配置となるキラル J 会合体を用いることで、有機化合物における磁気キラル二色性を観測することに初めて成功した。さらに、光合成で光を捕集するクロロゾームのモデル化合物においても磁気キラル二色性観測に成功し、光合成における新規磁場効果の可能性を示した。

## ② ビタミン C 検出用蛍光プローブ [3-6]

必須栄養素の一つであるビタミン C(アスコルビン酸)は、近年、副作用の無い抗がん剤としても注目されている。我々は、光励起三重項色素と二重項ラジカルから構成される光励起多重項状態を発見・解明してきたが、このスピン科学を蛍光プローブ開発に活用し、がん細胞内、及びマウス内におけるビタミン C を蛍光バイオイメージングすることに初めて成功した。

談話会では、上記研究に加え、我々が開発した放射性セシウム除染布や新学術領域「ソフトクリスタル」に関する研究成果も含めて、幅広く紹介する。

[参考文献]

- (1) Y. Kitagawa, H. Segawa, K. Ishii, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 50, 9133 (2011).
- (2) Kitagawa, T. Miyatake, K. Ishii, *Chem. Commun.*, 48, 5091 (2012).
- (3) Ishii, J. Fujisawa, Y. Ohba, S. Yamauchi, *J. Am. Chem. Soc.*, 118, 13079 (1996).
- (4) Ishii, J. Fujisawa, A. Adachi, S. Yamauchi, N. Kobayashi, *J. Am. Chem. Soc.*, 120, 3152 (1998).
- (5) Ishii, K. Kubo, T. Sakurada, K. Komori, Y. Sakai, *Chem. Commun.*, 47, 4932 (2011).
- (6) Yokoi, T. Otani, K. Ishii, *Sci. Rep.*, 8, 1560 (2018).

【講師紹介】

石井和之先生は、錯体化学を基軸として様々な有機・無機複合体を光科学・スピン科学の観点から探求されています。物性研における量子物性、生体・分子機能、光科学、またそれらの融合研究との関連性も深く、大変興味深いお話しが伺えると思います。



# 物性研究所セミナー

標題：理論セミナー：Geometry and Topology in two-dimensional Chiral Liquids

日時：2019年4月1日(月) 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. Hans Hansson

所属：Stockholm University

要旨：

I will explain in simple terms what are two-dimensional chiral liquids, and why they are interesting objects to study. I quickly specialize to Quantum Hall liquids and topological superconductors and explain the concept of orbital spin and how it can be related to observable quantities.

I will then introduce “Majorinos” or “half fermions” that are signatures of odd pairing topological phases, and discuss a couple of amusing thought experiments where geometrical effects play an important role.

The talk is aimed at a general theoretical physics audience.

標題：ナノサイエンスセミナー：機能物性セミナー：Controlled organic functionalization of silicon surfaces

日時：2019年4月15日(月) 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. Michael Dürr

所属：Institute of Applied Physics, Justus Liebig University Giessen, Germany

要旨：

The adsorption of organic molecules on silicon has been the subject of intense research due to the potential applications of organic functionalization of silicon surfaces in semiconductor technology. The high reactivity of the silicon dangling bonds towards almost all organic functional groups, however, presents a major hindrance for the first basic reaction step of such a functionalization, i.e., chemoselective attachment of bifunctional organic molecules on the pristine silicon surface. Due to this high reactivity, the final adsorption products typically consist of a mixture of molecules adsorbed via different functional groups. For the preparation of well-ordered organic layers on silicon, it is thus important to learn how to control the reactions of the single functional groups.

Using various spectroscopic techniques, such as XPS, UPS, and nonlinear optics, in combination with scanning tunneling microscopy and molecular beam techniques, we investigated in detail the reaction mechanisms, kinetics, and dynamics of different functional groups on Si(001). Our main strategy for the controlled organic functionalization of Si(001) is then based on functionalized cyclooctynes: cyclooctyne's strained triple bond is associated with a direct adsorption channel on the Si(001) surface, in contrast to almost all other organic molecules, which adsorb via weakly bound intermediates [1,2]. As a consequence, cyclooctyne derivatives with different functional side groups react on Si(001) selectively via the strained cyclooctyne triple bond while leaving the side groups intact. This second functional group is then used for the covalent attachment of further organic reagents on the road to well-defined molecular architectures on Si(001).

Electronic excitation [3] and hyperthermal energy distributions of the incoming molecules [4] are investigated as further means of control.

- [1] M. Reutzler, et al., J. Phys. Chem. C 120, 26284 (2016).  
[2] C. Langer, et al., J. Phys.: Condens. Matter 31, 034001 (2019).  
[3] G. Mette, et al., Angew. Chemie Int. Ed. 58, 3417 (2019).  
[4] T. Lipponer, et al., Surf. Sci. 651, 118 (2016).

**標題：**理論セミナー：Active dynamics of chromosome kicked by enzymatic force-dipoles

**日時：**2019年4月23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：**坂上 貴洋

**所属：**青山学院大学

**要旨：**

Inspired by recent experiments on chromosomal dynamics, we introduce an exactly solvable model for the interaction between a flexible polymer and a set of motor-like enzymes. The enzymes can bind and unbind to specific sites of the polymer and produce a dipolar force on two neighboring monomers when bound. We study the resulting nonequilibrium dynamics of the polymer and find that the motion of the monomers has several properties that were observed experimentally for chromosomal loci: a subdiffusive mean-square displacement and the appearance of regions of correlated motion. We also determine the velocity autocorrelation of the monomers and find that the underlying stochastic process is not fractional Brownian motion.

Reference:

S. Put, T. Sakaue, and C. Vanderzande, Phys. Rev. E 99, 032421 (2019).

**標題：**量子物質セミナー：フォノン磁気カイラル効果

**日時：**2019年5月10日(金) 午後1時～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：**野村 肇宏

**所属：**物性研究所・国際超強磁場科学研究施設

**要旨：**

物質における非相反物性は、ダイオードやサーキュレーターといった機能性に結びついていることから、近年益々の注目を集めている。磁気カイラル効果は、カイラルな物質に磁場を印加した際に、磁場に並行と反平行で異なる輸送特性を示す現象である。この非相反物性は輸送粒子(準粒子)の偏光状態に依存しないことから、全ての輸送現象で期待される。これまでにフォトン、電子、マグノンで報告例があったのに対し、フォノン、すなわち格子物性では観測例がなかった。我々はカイラルフェリ磁性体  $\text{Cu}_2\text{OSeO}_3$  に着目し、超音波音速測定からフォノンの磁気カイラル効果を実証することに成功した[1]。本セミナーではこれまでの研究を振り返るとともに、今後の展開について考察する。

[1] T. Nomura et al., PRL 122, 145901 (2019).



標題：理論セミナー：Cross correlations and anomalous magnetic-field effects in  $\Gamma_3$  quadrupole systems

日時：2019年5月17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：Kazumasa HATTORI

所属：Tokyo Metropolitan University

要旨：

Orbital orders in correlated electron systems have attracted great attention in condensed matter. Recently, Pr-based materials ( $\text{PrT}_2\text{X}_{20}$ ; T=Ti, V, etc., X=Al, etc.) have intensively studied, since they show orbital orders, non-Fermi liquids, and superconductivity. Their low-energy physics is attributed to the  $\Gamma_3$  non-Kramers crystalline-electric-field ground state doublet well separated from the excited states and have E quadrupole and A2 octupole moments in Td symmetry.

In this talk, we discuss two topics related to quadrupole orders. The first is magneto-electric (current) effects under antiferromagnetic quadrupole (AFQ) orders in a diamond structure [1]. Since the Pr ions form the diamond structure in the Pr-based materials, when AFQ takes place, the inversion symmetry is broken, which leads to finite magnetic response when electric field is applied and vice versa. This can be useful for identifying the order parameters, since the response strongly depends on the order parameters. In addition, we briefly discuss the way to generate (Kramers) Weyl points under the AFQs. The second is about unusual FQ order under magnetic fields in  $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$  [2]. Usually, when magnetic field is applied in z direction,  $3z^2-r^2$  type FQ domain is stabilized. However, this is not the case in this material [2]. We point out that magnetic-field induced quadrupole-quadrupole interactions are important for explaining the observed unusual FQ state in this compound and this situation is clear contrast to that in magnetic systems.

References:

[1] T. Ishitobi and KH, arXiv: 1903. 01103.

[2] T. Taniguchi et al., arXiv: 1903. 10215.

標題：極限コヒーレント光科学セミナー：赤外極短パルスが駆動する強相関電子系の光誘起相転移と光強電場効果

日時：2019年5月20日(月) 午前10時30分～午後0時

場所：物性研究所本館6階 第一会議室(A636)

講師：川上 洋平

所属：東北大学大学院理学研究科 物理学専攻

要旨：

電子間のクーロン反発や交換相互作用、電子-格子相互作用などによって、超伝導や強磁性、強誘電性などのエキゾチックな電子状態が現れるのが強相関電子系の特徴である。これらの多彩な電子状態を、光パルスを用いて超高速に制御することが、光科学の目標のひとつである。我々のグループではこれまでに、有機伝導体(電荷秩序絶縁体 1)、ダイマーモット絶縁体 2) や遷移金属酸化物(モットハバード絶縁体)における光誘起絶縁体-金属転移を報告してきた。電子の移動積分  $t$  やクーロン相互作用  $U$ 、 $V$ 、格子振動の振動周期に匹敵する時間幅の極短パルスを用いた実験によって、光照射によって引き起こされる超高速な電子状態の変化や格子変位を、時間軸上で直接追跡することができる。さらに最近、瞬時電場強度が 10 MV/cm におよぶ単一サイクル赤外パルスを用いた実験から、光の高周波・瞬時強電場が駆動する新奇な現象として、有機金属における電荷局在 3) や有機超伝導体における非線形電荷振動 4) を捉えている。我々がこれまでに報告してきた、光誘起相転移の超高速ダイナミクスと光強電場効果について議論したい。

Reference:

1) S. Iwai, Y. Kawakami et al., Phys. Rev. Lett. 98, 097402 (2007), S. Iwai, Y. Kawakami et al., Phys. Rev. B 77, 125131 (2008), Y. Kawakami et al., Phys. Rev. Lett. 105, 246402 (2010).

- 2) Y. Kawakami et al., Phys. Rev. Lett. 103, 066403 (2009).
- 3) T. Ishikawa, Y. Kawakami et al., Nature Commun. 5, 5528 (2014), Y. Naitoh, Y. Kawakami et al., Phys. Rev. B 93, 165126 (2016), Y. Kawakami et al., Phys. Rev. B 95, 201105(R) (2017), Y. Kawakami et al., J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 51, 174005 (2018).
- 4) Y. Kawakami et al., Nature Photon. 12, 474 (2018).

**標題：機能物性セミナー：水素移動が寄与する物性および反応の理論的解析：プロトン伝導とメタン水酸化反応**

**日時：2019年5月22日(水) 午後1時～**

**場所：物性研究所本館6階 第5セミナー室(A615)**

**講師：堀 優太**

**所属：筑波大学 計算科学研究センター**

**要旨：**

水素移動は物性・化学反応の基本要素として多くの化学現象に現れるため、その反応の理解は広範囲にわたる化学現象の理解につながる。水素移動は高速反応であり、多くの場合、実験による直接観測が困難であることから理論計算による解析が有用となる。本セミナーでは、水素移動に関わるプロトン伝導やメタン水酸化反応を取り上げ、伝導機構および反応機構の理解に向けた理論計算による解析について紹介する。プロトン伝導機構の解明に向けて、伝導物質中の分子間のプロトン移動と分子運動について、量子化学計算および分子動力学計算を用いた解析について紹介する。また、量子化学計算による電子状態の精査と遷移状態探索をもとに、メタン水酸化反応の反応機構の解析について紹介する。

**標題：量子物質セミナー：Publishing physics in Science: an editor's perspective**

**日時：2019年5月28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：Jelena Stajic**

**所属：American Association for the Advancement of Science (Senior Editor)**

**要旨：**

Scientific publishing is a competitive endeavor, and the best tool we have to select among the many high-quality submissions is peer review. I will talk about the intricacies of peer review at Science magazine and will address the complementary roles of authors, referees and editors in that process. Crucial aspects of successful submissions to Science will be discussed.

**標題：ナノサイエンスセミナー：Revealing Majorana bound states properties with electronic transport in three terminal devices**

**日時：2019年6月3日(月) 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：Thibaut Jonckheere**

**所属：Centre de Physique Théorique - CNRS - Aix-Marseille University - France**

**要旨：**

Majorana bound states are quasiparticles with exceptional properties, which should appear at the boundaries of one-dimensional topological superconductors wires. The clear-cut experimental identification of these Majorana bound states in transport measurements still poses experimental challenges. In this talk, I will show that using three



terminal devices out-of-equilibrium, and measuring transport properties like current and noise allow getting original signature demonstrating the Majorana bound states properties. I will first consider a junction where a topological superconductor (TS) wire is connected to two biased normal leads and show that the sign of the current correlations is directed related to the presence of a Majorana bound state. Then I will consider a similar junction made of three TS wires. There I will show that the effective zero-energy Majorana state formed at the junction of the three TS wires is directly responsible for giant shot noise amplitudes, in particular at low voltages and for small contact transparency.

Refs. :

– T. Jonckheere, J. Rech, A. Zazunov, R. Egger, and T. Martin, Phys. Rev. B 95, 054514 (2017).

– T. Jonckheere, J. Rech, A. Zazunov, R. Egger, A. Levy Yeyati, and T. Martin, Phys. Rev. Lett. 122, 097003 (2019).

**標題：極限コヒーレント光科学セミナー：レーザー光電子分光によるエネルギー・時間・空間的に微細なスケールの電子構造研究**

**日時：2019年6月5日(水) 午前10時～午後0時**

**場所：物性研究所本館 6階 大講義室(A632)**

**講師：岡崎 浩三**

**所属：東京大学物性研究所 極限コヒーレント光科学研究センター**

**要旨：**

角度分解光電子分光(ARPES)は、物質中の電子構造を直接観測できる強力な実験手法であり、電子構造の精密測定から物性の発現機構を明らかにする事ができる。いわゆる非従来型超伝導体においては、高分解能 ARPES を用いることでクーパー対形成に伴う超伝導ギャップを運動量空間における異方性も含めて観測できる事から、対形成機構の理解に大きな寄与を果たしてきた。講演者もこれまで極低温超高分解能レーザーARPES 装置を用いてそのような報告をしてきている[1]。一方、フェルミ面の有無から金属か絶縁体かが判別できるように、超精密 ARPES によって逆に電子構造から物性を予言する事も可能になる。一般に非平衡状態における物性を知る事は実験的に難しいが、講演者は高次高調波レーザー時間分解 ARPES を用いることで非平衡状態における電子状態を観測し、そこで発現し得る物性予測なども行っている[2]。

近年、鉄系超伝導体や銅酸化物高温超伝導体における常伝導状態において、電子系が自発的に回転対称性を破る液晶的な電子状態、「電子ネマティック」状態が実現されることが明らかになってきている。このような電子状態はこれまで知られていなかった全く新しい状態であり、新しいエネルギー・時間・空間のスケールが現れると期待される。エネルギー・時間スケールの解明には極低温超高分解能レーザーARPES と高次高調波レーザー時間分解 ARPES が力を発揮するが、空間スケールの解明には大強度連続波レーザーを用いた光電子顕微鏡(PEEM)が適している。実際、電子ネマティック状態において PEEM 像の線二色性を取ることで、その回転対称性の破れを直接捉えることに成功し、これにより鉄系超伝導体における電子ネマティック状態に特異なドメイン構造が存在することがわかってきた。講演ではより詳細と今後の展望などについて議論したい。

Reference

[1] K. Okazaki et al., Science 337, 1314 (2012), Y. Ota, K. Okazaki et al., Phys. Rev. Lett. 118, 167002 (2017), T. Hashimoto, K. Okazaki et al., Nat. Commun. 9, 282 (2018)など

[2] K. Okazaki et al., Phys. Rev. B 97, 121107(R) (2018), K. Okazaki et al., Nat. Commun. 9, 4322 (2018), T. Suzuki, K. Okazaki et al., arXiv:1905.12138 など

標題：理論セミナー：Gapless Kitaev Spin Liquid to Loop and String Gases through Tensor Networks

日時：2019年6月10日(月) 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：Dr. Hyun-Yong Lee

所属：ISSP, The University of Tokyo

要旨：

Kitaev honeycomb model (KHM) is one of the rare examples of the exactly solvable quantum many-body model [1]. It hosts two distinct phases, the  $Z_2$  topologically ordered phase, which is adiabatically connected to the toric code state, and the gapless Kitaev spin liquid (KSL) phase exhibiting the low energy Majorana excitations [1]. In particular, the fact that the KSL phase can be driven into the non-Abelian topological phase by breaking the time-reversal symmetry attracts lots of interests in experimental and theoretical studies. In this talk, we try to understand the KSL from a new perspective, i.e., the loop gas (LG) and string gas (SG) states which are efficiently and compactly defined in the tensor network representation[2].

One can show in a local tensor level that the LG and SG states, which we propose, not only respect the symmetries of KSL but also satisfy the vortex-free condition [2]. Also, those are critical states characterized by Ising CFT and have the  $Z_2$  gauge redundancy which allows us to create and move the vortex excitations exactly. Furthermore, accurate variational energy for the KHM is obtained with only two variational parameters [2], which ensures that our ansatz represent quantitatively as well as qualitatively the KSL. We discuss their physical properties, relation to classical statistical mechanics and topological properties in details.

[1] A. Kitaev, Annals of Physics 321(2006) 2-111

[2] H.-Y. Lee, R. Kaneko, T. Okubo and N. Kawashima, arXiv: 1901. 05786

標題：理論セミナー：汎関数くりこみ群に基づいた密度汎関数理論

日時：2019年6月14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：横田 猛

所属：高エネルギー加速器研究機構

要旨：

汎関数くりこみ群に基づいた密度汎関数理論(FRG-DFT)は、汎関数くりこみ群のアイデアを用いることで密度汎関数理論を微視的に定式化する試みである。この手法は、エネルギー密度汎関数の非経験的構築といった密度汎関数理論の長年の課題に対する新たなアプローチとなることが期待されている。この手法の定式化は 2000 年代前半に提唱されたが、量子多体系の簡単なトイモデルへの応用はここ数年に始まったばかりである。本講演では、FRG-DFT の基礎、および最近の発展についてレビューする。特に、我々のグループによって行われた一様連続物質での定式化[1]、一次元フェルミオン系の基底状態、励起状態の解析[1, 2]、及び 2 次元一様電子ガスへの応用[3]について紹介する。

[1] T. Yokota, K. Yoshida, and T. Kunihiro, Phys. Rev. C 99, 024302 (2019).

[2] T. Yokota, K. Yoshida, and T. Kunihiro, Prog. Theor. Exp. Phys (2019) 011D01.

[3] T. Yokota and T. Naito, Phys. Rev. B 99, 115106 (2019).



標題：ナノサイエンスセミナー：量子物質セミナー：Topological charge and heat transport in Weyl semimetals

日時：2019年6月18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. Binghai Yan

所属：Weizmann Institute of Science, Israel

要旨：

Topological Weyl semimetals provide fascinating platforms to examine exotic transport phenomena such as the chiral anomaly and the anomalous Hall effect. In the ordinary (longitudinal) transport, the Wiedemann-Franz law links the ratio of electronic charge and heat conductivity to a fundamental constant. It has been tested in numerous solids, but the extent of its relevance to the anomalous (transverse) transport remains an open question. I will introduce recently-discovered magnetic Weyl materials Mn<sub>3</sub>Sn and Mn<sub>3</sub>Ge. Their noncollinear chiral spin structure induces huge anomalous Hall effect and thermal Hall effect in a Kagome-type lattice. In collaboration with experiment, we reveal a finite temperature violation of the Wiedemann-Franz correlation. This violation is caused by the Berry curvature distribution, rather than the inelastic scattering as observed in ordinary metals.

標題：理論インフォーマルセミナー：Shaping Nanostructures Using Molecules

日時：2019年6月21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. Shih-Hsuan HUNG

所属：ISSP, The University of Tokyo

要旨：

Metallic nanoparticles are widely used for technological applications in catalysis, data storage and solar energy. However, the performance of nanoparticles is usually determined by the shape of nanoparticles. Therefore, understanding the morphology and composition of the metallic nanoparticles changed by environment is important. In this presentation, we will discuss the external factors, such as adsorbed molecules and substrate material, on nanoparticle using density functional theory (DFT) calculations. First, we present the morphology changing of L10 ordered FePt epitaxial growth on Mg (1-x)Ti<sub>x</sub>O substrates [1]. Second, we demonstrate the investigation on Ti nanoparticles oxidation, strain and oxygen penetration [2]. Next, we investigate the atomic arrangement of TiPt nanoparticles under different oxygen adsorption [3]. Finally, we study the strong metal-support interaction (SMSI) between Au nanoparticles and ZnO substrates and partly explain the enhanced catalytic reaction (CO oxidation) by the ZnO encapsulation. The investigations show computational calculations can be used to model modification of nanoparticles by adsorbed molecules or supports, and study the properties changing, such as morphology, energy barrier, atomic arrangement and catalytic performance. In summary, the study demonstrates the functional characteristics of nanoparticles highly depend on their nanostructures.

[1] S-H. Hung and K. P. McKenna, *Phys. Rev. Materials* 1, 024405 (2017).

[2] S-H. Hung and K. P. McKenna, *J. Phys. Chem. C* 122, 3107 (2018).

[3] S. Gholhaki, S-H. Hung, D. J. H. Cant, C. E. Blackmore, A. G. Shard, Q. Guo, P. McKenna and R. E. Palmer, *RSC Adv.* 8, 27276 (2018).



- [1] V. M. Edelstein, Solid State Commun. 73, 233 (1990).
- [2] I. M. Miron et al., Nat. Mater. 9, 230 (2010).
- [3] K. N. Okada, Y. Kato, and Y. Motome, PRB 99, 134442 (2019).

**標題：理論インフォーマルセミナー：二成分密度汎関数法による金属表面の陽電子状態の研究**

**日時：2019年7月8日(月) 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：萩原 聡**

**所属：量子科学技術研究開発機構 高崎研 (元)**

**要旨：**

陽電子は電子の反粒子であり、電子と同じ質量、電荷(ただし、符号は電子の逆)、スピンをもつ。陽電子が電子と出会うと、電子-陽電子対消滅を起こし、 $\gamma$ 線を放出する。この放出 $\gamma$ 線を調べることで対消滅相手の電子の情報を知ることが可能である。電子-陽電子対消滅を利用した分光法は陽電子消滅法と呼ばれ、材料中の格子欠陥や磁性の検出などに利用されている[1]。

陽電子は、物質最表面の電子状態や磁性状態を調べる強力なプローブとしても知られている。低速で陽電子を物質中に入射すると、入射陽電子の一部は熱拡散により物質表面に戻る。表面に再帰した陽電子は次にあげるいくつかの特徴的な過程を辿ることが知られている：負の仕事関数によって真空へ再度放出する過程、表面電子と結合しポジトロニウム(Ps)を形成し、真空へ再放出する過程、表面ポテンシャルに捕獲され表面状態を形成した後に電子と対消滅する過程など。この陽電子に特有なPsの再放出過程や表面電子との対消滅過程を利用することで、表面における電子状態や磁性状態の研究が行われている[2]。

一方、表面電子と陽電子の微視的な相互作用の理解はいまだに未解明な部分が多いため、第一原理計算のような現実の表面電子状態や原子配列を反映した理論研究が必要となる。我々は二成分密度汎関数法[3]を用いた表面における陽電子状態計算手法の開発を行い、実際の問題に対して応用を行ってきた。セミナー当日は特に、Fe(001)表面における陽電子状態および再放出Psのエネルギースペクトル計算結果などについて紹介する。

- [1] F. Tuomisto and I. Makkonen, Rev. Mod. Phys. 85, 1583 (2013).
- [2] C. Hugenschmidt, Surf. Sci. Rep. 71, 547 (2016).
- [3] M. J. Puska and R. Nieminen, Rev. Mod. Phys. 66, 841 (1994).

**標題：理論インフォーマルセミナー：Andreev and Majorana Weyl crossings in multi-terminal Josephson junctions**

**日時：2019年7月9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：Manuel Houzet**

**所属：INAC/PHELIQS, CEA and Grenoble Alpes University**

**要旨：**

We analyze the Andreev spectrum in a four-terminal Josephson junction between conventional and topological superconductors. We find that a topologically protected crossing in the space of three superconducting phase differences can occur between the two Andreev bound states with lower energy. We discuss the possible detection of this crossing through the nonlocal conductance quantization between two voltage-biased terminals.

標題：理論インフォーマルセミナー：Embedding the flat bands of Lieb, kagome, and checkerboard lattices into new structures: Tight-binding models to real materials

日時：2019年7月9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. Chi-Cheng LEE

所属：Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo

要旨：

The studies of dispersion-less bands revealed in electronic and photonic systems have caught great attention recently. Many exotic quantum phenomena, for example, the high-transition-temperature superconductivity associated with the infinitely large density of states of the flat bands, are proposed. In this talk, I will begin with an introduction to the flat bands using Wannier functions. Then I will introduce three tight-binding models, namely the Lieb, kagome, and checkerboard lattices, by considering only the nearest-neighbor hopping parameters and demonstrate that the recognized flat bands associated with the three lattices can be ideally embedded into new structures, respectively [1]. Finally, I will provide several examples for the appearance of nearly flat bands realized in two-dimensional materials with long-range hopping beyond the simplified tight-binding models based on our first-principles calculations for the systems composed of Ge atoms.

Our study clearly demonstrates that the flat bands given by the well-known lattices, namely the Lieb, kagome, and checkerboard lattices, can be ideally embedded into the new structures that cannot be recognized as the original ones. Therefore, the amount of materials that can give interesting flat-band physics could be much larger.

[1] Chi-Cheng Lee et al., arXiv:1904.07048 (2019).

標題：理論インフォーマルセミナー：Quasiparticle and optical properties of potential 2D materials

日時：2019年7月10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. Hung-Chung Hsueh

所属：Department of Physics, Tamkang University, Taiwan

要旨：

Quasi-2D atomically thin materials display a number of unique properties not found in their bulk counterparts, such as large self-energy and excitonic effects due to the quantum confinement and reduced screening with layer number close to the 2D limit. These atomically thin layer structures demonstrate rich physics and pave the way for emerging fields, such as excitonics and valleytronics, with great potential for applications in next-generation devices. To probe the dimensionality effects, we use ab initio GW+BSE methods based on many-body perturbation theory (MBPT) to explain and predict the quasiparticle and optical properties of potential quasi-2D semiconductors: monolayer group VI monochalcogenides (Ge, Sn/S, Se) and transition metal dichalcogenides (MoSe<sub>2</sub> and Janus MoSSe). Significant exciton binding energy, layer-controlled bandgap, anisotropic optical response [1], and possible valley polarization [2] serve as a convenient and efficient method for engineering the excited-state properties of quasi-2D systems.

[1] Hung-Chung Hsueh, Jia-Xuan Li, and Ching-Hwa Ho, Adv. Optical Mater. 6, 1701194 (2018).

[2] Ang-Yu Lu, et.al, Nature Nanotechnology 12, 744 (2017).



標題：理論セミナー：Spin current and noise at an interface between a metal and a ferromagnetic insulator

日時：2019年7月12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：加藤 岳生

所属：東京大学 物性研究所

要旨：

It is known that measurement of electrical current noise through a device provides useful information about electron transport. For example, nonequilibrium current noise under a high voltage bias, so-called shot noise, can be used for determining the effective charge of a quasiparticle. As expected from fruitful physics of the current noise, fluctuation of the pure spin current, that is, spin-current noise has a potential to provide important information on spin transport in a spintronics device.

We theoretically investigate the fluctuation of a pure spin current induced by the spin Seebeck effect and spin pumping in a normal-metal-(NM)-ferromagnetic-insulator(FI) bilayer system. Starting with a simple FI-NM interface model, we derive general expressions of the spin current and the spin-current noise at the interface within second-order perturbation of the exchange coupling at the interface, and estimate them for a yttrium-iron-garnet-platinum interface. We show that the spin-current noise can be used to determine the effective spin carried by a magnon. In addition, we show that it provides information on the effective spin of a magnon, heating at the interface under spin pumping, and spin Hall angle of the NM. We also discuss spin transport at the interface between a FI and a superconductor.

標題：極限コヒーレント光科学セミナー：二酸化炭素の分子振動が駆動する固体表面での化学反応

日時：2019年7月30日(火) 午前10時30分～午後0時

場所：物性研究所本館6階 第一会議室(A636)

講師：近藤 剛弘

所属：筑波大学 数理物質系 物質工学域、東京工業大学 元素戦略研究センター（兼任）

要旨：

これまで、気体分子の振動エネルギーや並進エネルギーが固体表面上での分子の解離反応に影響を及ぼすことは報告されてきました。また、気相分子が固体表面上の吸着種と直接衝突する会合反応においては、気体分子の並進エネルギーが反応性に影響を与える例が示されてきました。しかしながら、気体分子の振動エネルギーが駆動する化学反応は報告例がありませんでした。

本研究では、気体分子の並進、振動、回転エネルギーを系統的に制御可能な超音速分子線技術を用いることで、銅触媒表面上での二酸化炭素の水素化反応( $\text{CO}_2 + 1/2 \text{H}_2 \rightarrow \text{HCOOa}$ , 「a」は吸着種を表します)を調べました。この結果、反応速度は二酸化炭素の振動エネルギーと共に大きく増加し、表面温度とは無関係であることが示され、分子振動で駆動する反応であることがわかりました[1]。本セミナーではこれらの実験結果について詳しく紹介します。

[1] Jiamei Quan, Fahdzi Muttaqien, Takahiro Kondo, Taijun Kozarashi, Tomoyasu Mogi, Takumi Imabayashi, Yuji Hamamoto, Kouji Inagaki, Ikutaro Hamada, Yoshitada Morikawa, Junji Nakamura, *ature Chemistry* (in press).

# 人事異動

## 【研究部門等】

○令和元年5月1日付け

(採用)

氏名	所属	職名	備考
永田 崇	機能物性研究グループ	助教	大阪市立大学大学院理学研究科 特任講師より

○令和元年6月1日付け

(配置換)

氏名	所属	職名	備考
藤野 智子	凝縮系物性研究部門	助教	東京大学大学院理学系研究科 助教より

(兼務)

氏名	所属	職名	備考
中辻 知	量子物質研究グループ	特任教授	本務：東京大学大学院理学系研究科 教授

○令和元年6月5日付け

(採用)

氏名	所属	職名	備考
CHENG JINGUANG	附属物質設計評価施設	特任教授	中国科学院物理研究所 教授より

○令和元年6月30日付け

(辞職)

氏名	所属	職名	備考
石井 順久	附属極限コヒーレント光科学研究センター	助教	量子科学技術研究開発機構・関西光化学研究所 主幹研究員へ

○令和元年7月1日付け

(採用)

氏名	所属	職名	備考
Kang Woun	凝縮系物性研究部門	特任教授	梨花女子大学校物理学部 教授より

【事務部】

○令和元年7月1日付け

(昇任)

氏名	所属	職名	備考
矢口隆紀	物性研究所	上席係長 (兼:総務係長)	物性研究所 総務係長より
村本洋子	物性研究所	上席係長 (兼:予算・決算係長)	物性研究所 予算・決算係長より

# 物性研究所研究員（若手）の公募について

このたび、東京大学物性研究所では、下記の要領で若手研究員を公募いたします。  
つきましては、関係各位に広くお知らせいただくとともに適任者の推薦および応募について、よろしくお取り計らいくださるようお願いいたします。

## 記

1. 公募職種：特任研究員
2. 公募人員：若干名
3. 職務内容：物性科学における実験的または理論的研究
4. 応募資格：次の3条件を満たしている者
  - (1) 博士号取得後5年程度までの者、ただし着任時までに博士号取得が確実に見込まれる者も含む
  - (2) 着任予定時に主たる職、あるいは大学院生および研究生等の身分を有しないこと
  - (3) 希望する物性研究所内研究室の所員（教授または准教授）と密な連絡をとり研究計画等の作成を行うこと。事前に希望する所員の受け入れ許可がない場合には応募は受け付けない。
- \* なお複数の研究室にまたがる研究テーマに取り組む方も歓迎するが、主たる受け入れ所員は指定すること。
5. 任期：原則として2年間  
その後再応募も可（但し、1年間）
6. 勤務態様・手当・給与等：  
週5日、裁量労働制（週当たり38時間45分相当）  
雇用保険・文部科学省共済組合に加入、通勤手当有  
給与は「東京大学年俸制給与の適用に関する規則」に定める第4条、第5条及び第6条による（年額約430万円程度）
7. 選考方法：原則として書類選考とし、場合によっては面接を行う
8. 提出書類：
  - (1) 履歴書  
（下記 URL より東京大学統一履歴書フォーマットをダウンロードのうえ、作成すること）  
<https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/about/jobs/r01.html>
  - (2) 発表論文リスト
  - (3) 主な論文別刷り（3編以内）
  - (4) これまでの主な業績のまとめ（2000字以内）
  - (5) 受け入れ研究室での期間内での研究計画（2000字以内）
  - (6) 指導教員または推薦者による本人に関する意見書
9. 公募締切：2019年9月30日（月）必着
10. 採用予定日：2020年4月1日から2020年9月末日までに着任すること
11. 書類提出方法：  
郵送又はメール送付  
郵送 「物性研究所研究員（〇〇研究室（連絡をとった所員名を記載\*記載が無い場合には応募不可）」と朱書し、簡易書留等配達状況が確認可能な方法で送付すること。  
メール 件名は「物性研究所研究員（〇〇研究室応募\*記載が無い場合には応募不可）」とし、総務係までメールを送付すること。総務係から書類送付先フォルダを連絡するので、そちらに応募書類一式を保存すること。
12. 書類提出先：  
〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5丁目1番5号  
東京大学物性研究所総務係  
電話 04-7136-3501 e-mail : [issp-jinji@issp.u-tokyo.ac.jp](mailto:issp-jinji@issp.u-tokyo.ac.jp)
13. その他：  
東京大学は男女共同参画を推進しており、女性の積極的な応募を歓迎します。なお、お送りいただいた応募書類等は返却いたしませんので、ご了解の上お申込み下さい。また、履歴書は本応募の用途に限り使用し、個人情報とは正当な理由なく第三者への開示、譲渡及び貸与することは一切ありません。



# 東京大学物性研究所教員公募について

下記により特任助教の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

## 記

### 1. 研究部門名等および公募人員数

極限コヒーレント光科学研究センター（小林研究室） 特任助教1名

### 2. 研究内容

附属極限コヒーレント光科学研究センター小林研究室では、最先端レーザー開発やその応用研究を行っている。本公募では、レーザー開発、レーザー加工における光と物質に関する物理過程の解明、AIを取り入れた新たな学理フレームワークの構築、精密分光等に取り組む研究者を募集する。実験・理論および経験は問わない。広く学内外の大学、国立研究所や産業界とも連携し、学生の指導にも意欲のある人材が望ましい。

### 3. 応募資格

修士課程修了、またはこれと同等以上の能力を持つ方。

### 4. 任 期

2025年3月31日まで。任期期間内の更新は年度ごとに行う。  
ただし、プロジェクトの進捗状況により最終任期を延長する場合がある。

### 5. 公募締切

2019年10月31日（木）必着

### 6. 着任時期

採用決定後できるだけ早く

### 7. 提出書類

- 推薦書または意見書（作成者から書類提出先に直送すること）
- 履歴書
- 業績リスト（主要論文に○印をつけること）
- 主要論文の別刷（3編程度、コピー可）
- 研究業績の概要（2000字程度）
- 研究計画書（2000字程度）

### 8. 書類提出方法 郵送又はメール送付

郵 送：「小林研究室 特任助教応募書類在中」と朱書し、簡易書留等配達状況が確認可能な方法で送付すること。  
メー ル：件名は「小林研究室 特任助教応募」とし、総務係までメールを送付すること。総務係から書類送付先フォルダを連絡するので、そちらに応募書類一式を保存すること。

### 9. 書類提出先

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5丁目1番5号  
東京大学物性研究所総務係  
電話 04-7136-3207 e-mail: issp-jinji@issp.u-tokyo.ac.jp

### 10. 本件に関する問い合わせ先

東京大学物性研究所 極限コヒーレント光科学研究センター 教授 小林 洋平  
e-mail: yohei@issp.u-tokyo.ac.jp

### 11. 選考方法

東京大学物性研究所教授会の議を経て、審査決定します。ただし、適任者のない場合は、決定を保留します。

### 12. その他

東京大学は男女共同参画を推進しており、女性の積極的な応募を歓迎します。なお、お送りいただいた応募書類等は返却いたしませんので、ご了解の上お申込み下さい。また、履歴書は本応募の用途に限り使用し個人情報とは正当な理由なく第三者への開示、譲渡及び貸与することは一切ありません。

令和元年7月31日

東京大学物性研究所長 森 初果



## 編集後記

この物性研だよりの研究紹介では、プレスリリースなどを行った成果を主体に報告させて頂いております。一方で、やはり基礎研究においては、これらの成果に対して直ぐに評価が上がるものではありません。

来年度に大学法人評価の中間評価が行われることは、大学関係者の方にご存じかと思えます。その評価には研究業績もあるのですが、優れた成果の証明として客観的な評価を添えることが条件になっています。ただ、中間評価となると、この4年間で評価まで上がっている成果をとなり、物性研だよりでご紹介している成果でも間に合うケースは少なくなります。担当者としては口惜しいところで、現状の評価のタイムスケールでは、依然として基礎研究においてはハンデが大きいです。

最後に、個人的なことでもあり恐縮ですが、談話会記事で紹介されている講師の東大生産研の石井教授は、私の学生時代のサッカー部の同期です。ちなみに、彼はキーパーで、私は試合中に後ろから良く怒鳴られました。今後は、強磁場での共同研究が進む予定です。全く予期していなかったこともあり、縁というのは不思議なものと感じるこの頃です。

鈴木博之