

物性研だより

BUSSEIKEN DAYORI

第61巻

第4号

2021年度

スピン流を超簡単にon/offスイッチング
～ 結晶を曲げるだけでトポロジカル相を自在に制御～

半導体量子ドット中での多電子状態の読み出しと
スピン緩和現象の解析

鉄系超伝導体の超高速な結晶構造変化を実現
— 光による新しい超伝導操作の可能性を示唆! —



東京大学 物性研究所

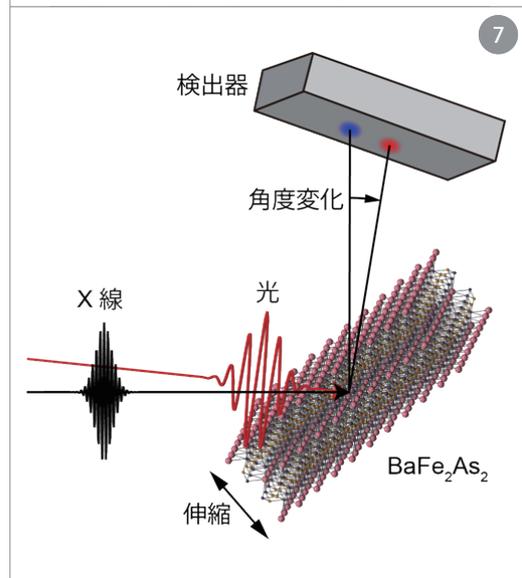
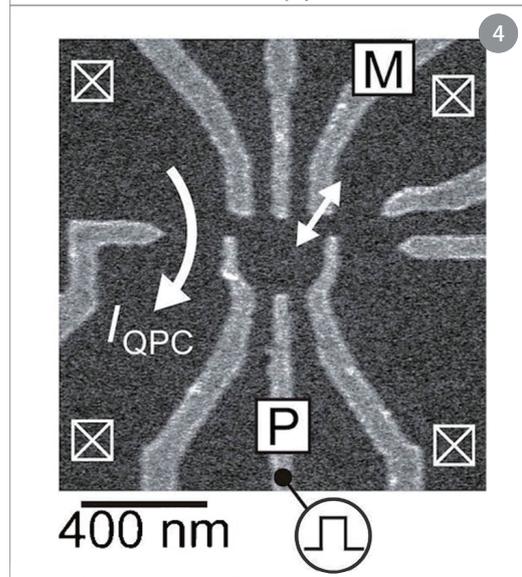
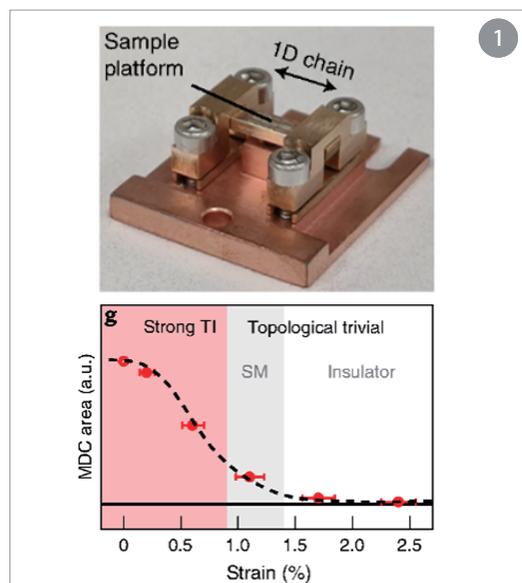
THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS
THE UNIVERSITY OF TOKYO

Copyright ©2021 Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo. All rights Reserved.

ISSN 0385-9843

contents

- 1 スピン流を超簡単に on/off スwitching
～ 結晶を曲げるだけでトポロジカル相を自在に制御～ Chun Lin, 近藤 猛
- 4 半導体量子ドット中での多電子状態の読み出しとスピン緩和現象の解析
吉見 一慶、加藤 岳生
- 7 鉄系超伝導体の超高速な結晶構造変化を実現
— 光による新しい超伝導操作の可能性を示唆! — 鈴木 剛、岡崎 浩三
- 10 日本高圧力学会功労賞を受賞して 後藤 弘匡
- 12 令和3年度 物性研究所一般公開報告の報告 小林 洋平



- 【物性研究所短期研究会】
- 18 ○ガラスおよび関連する複雑系の最先端研究
- 【ISSP ワークショップ】
- 22 ○New Trends in Quantum Condensed Matter Theory 2021
- 26 ○「第 10 回国際ワークショップ 電子機能性有機物質の先端分光」
(10th International Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications: ASOMEA-X) の報告
- 29 【物性研究所談話会】
- 31 【物性研究所セミナー】
- 【物性研ニュース】
- 41 ○東京大学物性研究所研究員(若手)の公募について
- 43 ○東京大学物性研究所教員公募について
- 45 物性研だより第 61 巻目録(第 1 号～第 4 号)
- 編集後記
- 物性研だよりの購読について

スピンを超簡単に on/off スwitchング

～ 結晶を曲げるだけでトポロジカル相を自在に制御 ～

極限コヒーレント光科学研究センター Chun Lin、近藤 猛

概要：

スピントロニクスを確立させるためには、スピンを生成し、かつそれを制御する技術が求められる。トポロジカル絶縁体は、15 年ほど前に理論的に提案され、その後さまざま実験で実証されて以降、スピンを生成可能な物質として活発に研究されている。この物質では、物質内部の電子はスピンの向きが乱雑で互いに相殺し合うためスピンを形成しないが、表面にはスピンの向きが揃ったスピンを自発的に流れる特異な性質がある。この内部と表面の関係は強固であり、物質をいくら切り刻んだとしても、それらの破片の表面にはスピンを形成される。そのため、表面積を大きくする物質設計を施せば、限られた空間においても大量のスピンを形成することが可能となる。

トポロジカル絶縁体では磁場や電場を印加しなくてもスピンを生成できる利点がある一方で、スピンを流す・流さないの on/off 制御が難しく、その応用には工夫が必要になる。それを実現する有効な手法として、相転移が考えられる。つまり、トポロジカル絶縁体を通常の絶縁体へと意図的に切り替えることができれば、スピンを制御することが可能となる。先行研究によって、トポロジカル

絶縁体となる物質の構成元素の一部を他の元素で置換することで、通常の絶縁体へと相転移させられることが実証されている [1]。しかし、元素置換は手間暇がかかり瞬時に施すことができないため、スピンを瞬間的かつ可逆的に on/off 制御することはできず、デバイス応用への現実的な手法とはいえない。

我々は、タンタルセレンイド TaSe₃ に着目した。先行研究によって、この物質がトポロジカル絶縁体状態にあることが理論的に予想されていた [2]。また、この物質は固体の中では柔らかく、引っ張ったり押しついたり応力によって容易に原子間距離を変えられることが示唆された。さらに、鎖を積み重ねてできる擬一次元構造を持ち、鎖に沿った一次元方向に電気が流れやすいことから、その方向に結晶を歪ませることで効果的に電子の振る舞いを制御できることが期待された。

本研究では、角度分解光電子分光 (ARPES) を用いて TaSe₃ の詳細な電子構造観察を行い、スピンの生成を示すスピン偏極したトポロジカル表面電子状態がその表面に発現していることを見出し、この物質がトポロジカル絶縁体状態にあることを実証した。また、試料を貼り付けた基

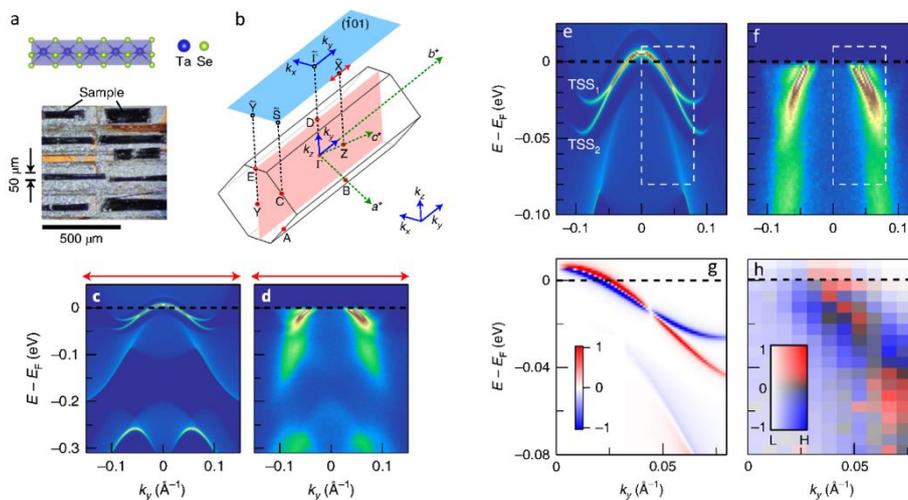


図 1: TaSe₃ で実証された強いトポロジカル絶縁体相。(a) 擬 1 次元構造を有する TaSe₃ 結晶の模式図と用いた単結晶試料の光学顕微鏡像。(b) 3 次元バルク Brillouin ゾーンとその 2 次元投影面。(c, d) トポロジカル表面状態の出現が予想されるゾーン端付近の運動量カット [(b) の赤矢印] に沿って得られるバンド分散の計算および ARPES 実験結果。(e, f) それぞれ (c, d) のバンド分散をフェルミ準位近傍で拡大した画像。(g, h) それぞれ (e, f) の破線枠で示すエネルギー・運動量範囲において計算と実験から得たスピン偏極スペクトル強度

した(図 2e)。これは、トポロジカル状態の起源となる伝導電子バンドと価電子バンドとのバンド反転が解除された結果として、通常半金属状態へとトポロジカル相転移したことを意味する。歪みを $\epsilon_{xx}=2.4\%$ まで増加させると、フェルミ準位にバンドギャップが開き(図 2f)、金属-絶縁体転移が生じた。これらの振る舞いを定量的に示すため、フェルミ準位 E_F での ARPES スペクトル強度を、*in-situ* で制御した歪み値の関数として図 2g にプロットする。スペクトル強度は歪み値が増すに従い減少し、最終的にはゼロとなる振る舞いを示す。このことから、基底状態である強いトポロジカル絶縁体相が、歪みの増大と共に、通常半金属相を経て、通常バンド絶縁体相へと 2 段階に相転移したと結論される。我々のバンド計算からも、これらの 2 段階相転移を再現する結果が得られている[3]。

まとめと今後の展望：

本研究により、TaSe₃ は基底状態において、表面にスピンを伴う強いトポロジカル絶縁体相にあることが明らかとなった。また、基板のたわみを利用して結晶試料を機械的に少し歪ませることで、強いトポロジカル絶縁体相から通常絶縁体相へと相転移させられることを実証した。印加した歪みを解除すると、スピンを示す電子構造が復活し、再びトポロジカル絶縁体相へ転移することも確認している[3]。つまり、簡単な手法ながら、トポロジカル絶縁体相と通常絶縁体相とを可逆的に行き来できること、また、それに伴いスピンを on/off 制御できることが明らかとなった。我々の結果は、スピンを容易に制御する新たな手法を提案するものであり、さらなる研究により、スピントロニクスデバイスへ応用されることが期待される。

謝辞：

本研究は、大阪大学大学院理学研究科の越智正之准教授、北海道大学大学院工学研究院応用物理学部門の丹田聡教授および迫田将仁助教、東京理科大学理学部第一部物理学科の野村温助教、学習院大学理学部物理学科の坪田雅功助教、東京大学大学院工学系研究科の有田亮太郎教授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。

参考文献：

- [1] S.-Y. Xu et al., *Science* **332**, 560-564 (2011).
- [2] S. Nie et al., *Phys. Rev. B* **98**, 125143 (2018).
- [3] C. Lin et al., *Nat. Mater.* **20**, 1093-1099 (2021).



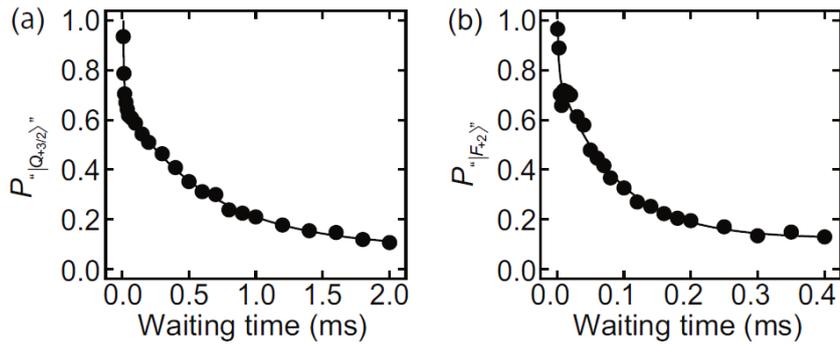


図2 (a)3電子状態のスピンの緩和の測定例。(b)4電子状態のスピンの緩和の測定例。

上向きスピンを持った電子だけを高精度でドットから取り除く手法を確立した(図1)。これにより、スピンの揃ったまま多電子を電子2個に変換することができる。この電子2個のスピンを測ることによって、元の多電子の高スピン状態の読み出しを行った。さらに、この読み出し方法を利用して高スピン状態の時間変動を観測したところ、低スピン状態に比べて、10倍ほど速く変動することが判明した。この速い変動の起源は何に起因するのか。少数電子系では角運動量の選択則に基づいた議論がよく行われているが、それでは現象を説明することができなかった。一般的に、電子数が増えるとクーロン相互作用が働き電子同士の絡み合いが重要となる。そこで、電子相関効果に着目し、その効果を厳密に取り扱うことができる厳密対角化を用いた解析を行った。具体的には、エネルギー準位・状態の計算を行った上でフェルミの黄金律に従い遷移確率を計算し、電子相関効果が与える緩和率への影響を検証した。

実際の実験では、量子ドット内の状態がどの程度の時間まで保持されるかを測定することで、スピン緩和時間を評価することができる。図2に測定されたスピン緩和の様子を示す。図2(a)に、はじめに量子ドット内に3電子状態を用意したときに、その状態が保持されている確率を時間の

関数として示す。この図の例ではおよそ0.65 msの緩和時間で状態が変化しており、これがスピン緩和時間を与える。図2(b)は、はじめに量子ドット内に4電子状態を用意したときの測定例となるが、この場合はおよそ0.08 msの緩和時間でスピンの緩和していることがわかる。このように量子ドット内の電子の数に依存して、スピン緩和時間は大きく変化していることがわかる。

図3(a)にスピン緩和時間の測定値を、磁場を変えながら測定した結果を示す。横軸は量子ドット内の磁場の変化に対応するが、励起エネルギーに換算してある。量子ドット内の電子数が2, 3, 4と大きくなるにつれて、スピン緩和レートが急速に大きくなっていくことがみてとれる。このスピン緩和時間を、電子格子作用と半導体中のDresselhaus スピン軌道相互作用を考慮して、厳密対角化法によって評価した結果を図3(b)に示す。理論計算では量子ドット内の電子数が増加するに従ってスピン緩和レートが急速に大きくなるという特徴が再現されていることがわかる。理論計算では量子ドットは等方的であるとしており、量子ドットのパラメータは実験から完全に決めることができないため、理論と実験の比較は定性的なものにとどまるが、おおまかな特徴は捉えているものと考えられる。誌面

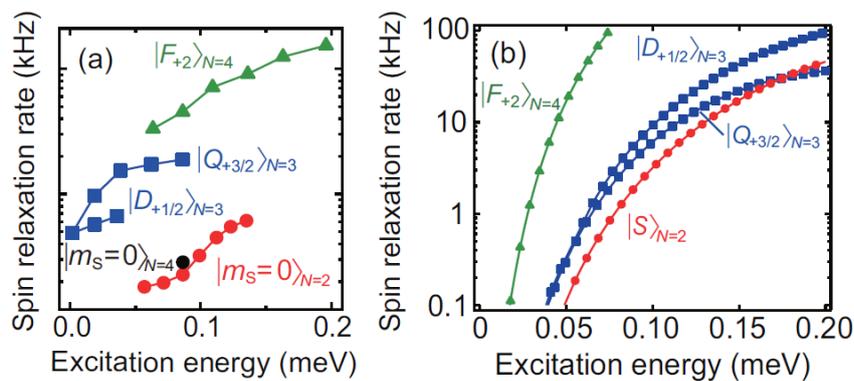


図3 スピン緩和時間の磁場依存性。横軸は励起エネルギー。(a)実験で得られた緩和時間。(b)理論計算の結果。

鉄系超伝導体の超高速な結晶構造変化を実現

—光による新しい超伝導操作の可能性を示唆！—

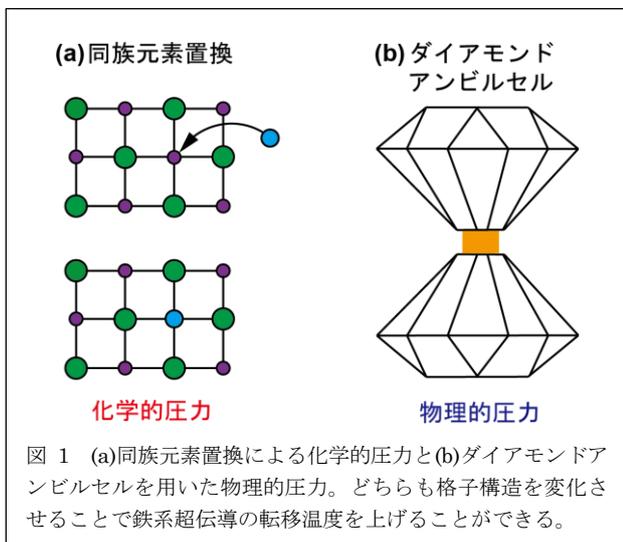
附属極限コヒーレント光科学センター

鈴木 剛、岡崎 浩三

1. はじめに

超伝導は、電気抵抗がゼロになることから損失のない電気エネルギーの輸送を可能にし、リニアモーターへの利用など、持続可能な開発目標を目指すこれからの生活に必要な不可欠な材料といえる。ここで超伝導状態にするには、通常絶対零度に近い極めて低い温度にする必要があり、そのために希少な天然資源である液体ヘリウムを大量に消費するなどの問題点がある。そこで、より高い温度で超伝導状態を実現することが1世紀以上の課題であった。最近、100 GPa以上に及ぶ超高压をかけることで超伝導状態が室温で実現する物質が報告されており、基礎学理及び応用の観点から大きな注目を集めている [1][2]。しかしながら、通常、圧力をかける方法としてダイヤモンドアンビルセルが用いられているが、これでは高压がかかる面積が極めて小さいため実用には難しいという状況であった。

一方、超伝導を発現させる物質に注目すると、銅酸化物超伝導体に次ぐ高い転移温度を示す鉄系超伝導は、2008年に東京工業大学の細野秀雄教授らにより発見されてから精力的に研究され、その特異な電子・磁気構造が報告されてきた。特に、図1(a),(b)に示すように、同族元素置換や圧力などによるわずかな結晶構造変化により超伝導転移温度が急激に上昇することから、より高い転移温度の実現や結晶作成の指針に向けて興味深く研究されてきた [3]。



2. 実験結果と議論

このような背景の中、我々は、数 GPa の圧力印加により転移温度が顕著に上昇する鉄系超伝導体 BaFe_2As_2 を対象として、「光」により結晶構造変化を実現させることを試みた [4]。光照射後の超高速な結晶構造変化を捉えるために、国内唯一の自由電子レーザー施設 SACLA を用いて X 線回折法の時間分解測定を実施した。図 2(a)に測定の概念図を示す。まず、パルス状の光を BaFe_2As_2 に照射し、その後、SACLA による高輝度で短パルス化された X 線を用いて、X 線回折測定を行うことで、光照射後の結晶構造をスナップショットとして観測することができる。特にこの測定では、結晶からの X 線回折の角度変化を観測することで、光照射による結晶構造の伸縮について知見を得ることができる。さらに、図 2(b)に示すように、照射する光と X 線の時間差を変えながら測定していくことで、時事刻々変化する結晶構造のダイナミクスを捉えることが可能になる。

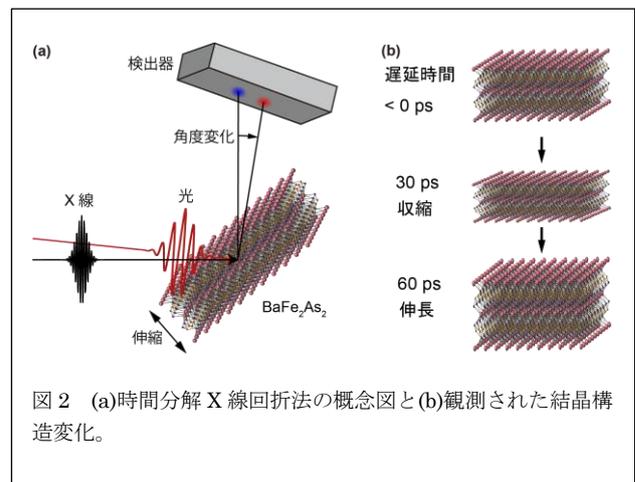


図 3(a)は、(008)ブラックピーク測定から決定した、光照射により引き起こされた結晶面間距離における時間変化を示している。光照射後約 30 ps 後に一旦結晶構造が収縮して、その後、約 60 ps 後に伸長する様子が見て取れる。単純な熱励起を考えると結晶の温度上昇が起こるはずなので、面間距離の伸長のみが予想されるため、最初の収縮は説明がつかない。したがって、観測された結晶面間距離の

励起直後に形成される深さ方向への急峻な電子温度勾配により生み出されることが明らかになった。これがまさに、実験結果の 30 ps で見られた収縮に相当する。その後 50–150 ps にかけて表面から歪みが伸長していく様子が見取れるが、これは格子温度の上昇に伴う熱膨張に起因し、これが 60 ps で見られる伸長に対応することが分かった。

3. まとめと将来展望

本研究成果では、鉄系超伝導体に「光」で収縮応力をかけることを世界で初めて実証した。その大きさは約 0.1 GPa 程度ながら、非接触かつ大面積に印加できることから、ダイヤモンドアンビルセルの使用では困難であった様々な測定が可能になることが期待される。さらに、この方法は超高速で行えることにより、圧電素子をはじめとする超高速電気光学デバイスや量子メモリーなどの量子情報処理における制御・操作方法の指針を与えることが期待される。

謝辞

本研究は、東京大学物性研究所(田久保耕、伊藤俊、山本航平、道前翔矢、松田巖、幸埴 各氏(所属は全て研究当時))、高輝度光科学研究センター(久保田雄也、富樫格、矢橋牧名 各氏(所属は全て研究当時))、兵庫県立大学(和達大樹氏)、理化学研究所(中村飛鳥、下志万貴博 各氏)、及び東京工業大学(佐藤光、平松秀典、細野秀雄 各氏(所属は全て研究当時))の共同研究により行われました。また、文部科学省科学研究費補助金 新学術領域(研究領域提案型)「量子液晶の物性科学」(JP19H05824, JP19H05826)、文部科学省「光・量子飛躍フラッグシッププログラム(Q-LEAP)」(JPMXS0118068681)、JSP 科研費(JP18K13498, JP19H00659, JP19H01818, JP19H00651)の助成のもとに行われました。ここに感謝します。

参考文献

- [1] M. Somayazulu *et al.*, Phys. Rev. Lett. **122**, 027001 (2019).
- [2] E. Snider *et al.*, Nature (London) **586**, 373 (2020).
- [3] K. Matsuura *et al.*, Nat. Commun. **8**, 1143 (2017).
- [4] T. Suzuki *et al.*, Phys. Rev. Research **3**, 033222 (2021).



しました。この他にも高強度アンビルを使った6-6式実験技術の改良も行いました。今でもこれらの実験セル、アンビルおよび実験手法は、少しずつ改良されながら使われており、マルチアンビル型装置を使った中性子その場観察実験の基礎となる技術開発になったと考えています。なお、これらの技術開発では、八木健彦先生、和田光一博士(現：富士ダイス株式会社)、および、飯塚理子博士(現：ハーバード大学)のご助言やご協力がありました。お三方には、改めて感謝とお礼を申し上げます。なお、飯塚氏とは技術開発の成果を利用した実験を共同で進めており、地球コアの主要物質である鉄に水素が優先的に溶け込む事を明らかにするなど、いくつかの研究成果を上げています[4,5]。

ここまで述べさせて頂いた技術開発及び共同研究の成果は、物性研究所物質設計評価施設高圧合成室において、実験を行える環境を提供して頂いたから成し得た事だと考えております。この場を借りて、私に活躍の場を与えてくださったすべての関係者の皆様に深くお礼申し上げます。今後も私にできる範囲で、共同利用や共同研究を通して、物性ならびに高圧力分野の発展に貢献できれば、と考えておりますので、引き続き、ご支援、ご指導頂ければ幸いです。今後とも、何卒よろしく願いいたします。

[1] H. Gotou, *et. al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **77**, 035113 (2006).

[2] H. Gotou, *et. al.*, *High. Press. Res.* **31**, 592-602 (2011).

[3] 山田、後藤、他、*高圧力の科学と技術* **26**, 99-107 (2016).

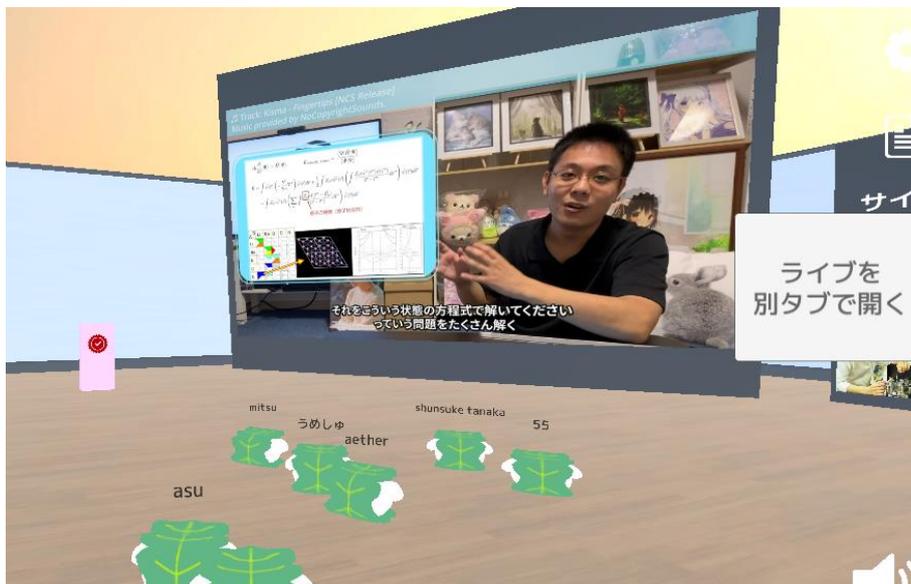
[4] R. Iizuka-Oku, *et.al.*, *Nat. Commun.* **8**, 14096 (2017).

[5] R. Iizuka-Oku, *et.al.*, *Sci. Rep.* **11**, 12632 (2021).





助教のプチサイエンスカフェについては、福田将大助教は計算機科学の世界を、



令和3年度一般公開企画一覧（新規企画）

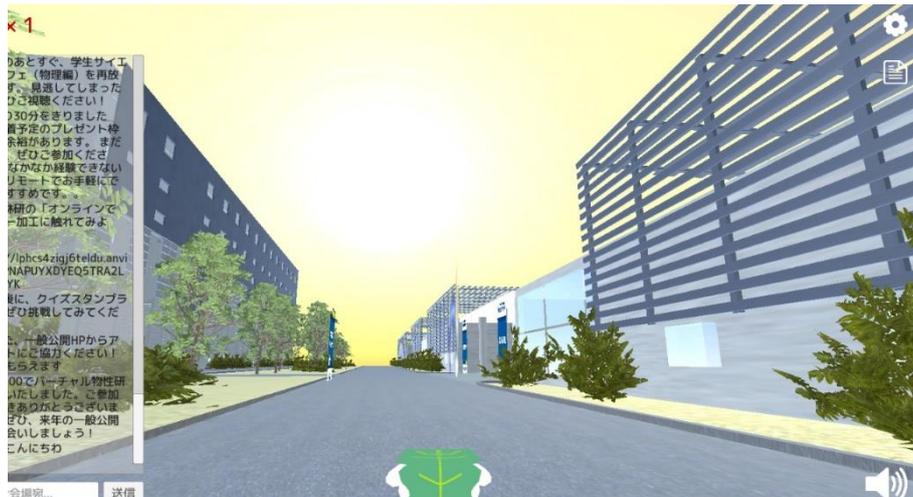
No	研究室名	提案責任者 (担当)	企画名	企画内容	配信形式	対象層	備考
1	一般公開委員会	鈴木 博之 吉見 一慶	サイエンスカフェ	スーパーコンピュータが解き明かす物質の世界 (吉見特任研究員)	ライブ	一般	
2	一般公開委員会	田中 駿介	プチ・サイエンスカフェ	学生サイエンスカフェ（物理編・化学編） プチ・サイエンスカフェ（福田助教、永田助教、谷助教）	ライブ (動画)	一般 大学生	
3	長田研究室 (凝結系)	田縁 俊光	究極に薄いシート「グラフェン」 —はってはがして新発見—	グラフェンを題材に、薄膜の作製法と物理現象について研究内容を一般向けに分かりやすく紹介します。3分程度以下の動画を複数準備し、幅広い対象層をターゲットにした企画に予定です。具体的には、まずグラファイトシートを使って反磁性や熱伝導、導電性などのデモンストレーションを動画で解説します。次に、グラファイトからグラフェンが作られる過程を動画で解説し、ノーベル賞受賞までの歩みを追体験します。さらに、最新の研究動向としてグラフェン同士や他の物質との接合系を身近な例と比較しながら紹介します。解説ポスターを併用する可能性があります。	常設 (動画)	幼児、小学生 中学生 大学生 一般	
4	森研究室 (凝結系)	藤野 智子	水素や電気を流す有機物	最近注目の水素自動車の動力源になっている「水素燃料電池」は、水素と酸素の化学エネルギーを電気エネルギーに変換するクリーンなシステムです。この燃料電池の電解質となる水素を流す有機物質や、金属のように電気を流す有機物の研究について紹介します。 (注) 昨年のVRで紹介した、(1) プチサイエンスカフェ「水素を運ぶ有機物—小さな分子のパケットリレー!〜」、(2) 研究動画「結晶育成部屋：究極の有機伝導体」、(3) 研究動画「結晶育成部屋：結晶の中を水素が流れる」をそのまま使う予定で、引越していただければ幸いです。さらに、(4) 水素燃料電池の動画も作成し新たに加えることと致します。	常設 (動画)	中学生 大学生 一般	
5	物性理論グループ	春山 潤	物性シミュレーションの世界	物性研究所理論グループ(杉野研、尾崎研、川島研、野口研、常次研、押川研、加藤研など)で小学生などの子供向けに物性シミュレーションの世界を説明する。具体的には常設のweb上でシミュレーションの動画を中心に展示し、それを小中学生にもわかるような解説を置く。また理論Gの日常(学生や先生の一週間の予定やQ&Aのようなものを想定)に関しても訪問者にわかりやすく説明する展示を設けたい。	常設 (ポスター)	幼児、小学生 中学生 大学生	
6	長谷川研究室 (ナノスケール)	長谷川 幸雄	びっくり!! 真空の世界	普通の気圧よりも低い状態である「真空」の性質は産業界だけで活用されているだけではなく、飲み物の保温や食品の保存のような我々の身近なところでも利用されている。 そこで、その真空の状態から生まれる効果を「視覚的に捉えること」を目指した真空実験」の動画を上映する。余力があれば、真空中で観察した原子の姿を配信する。	常設 (動画)	幼児、小学生 中学生 大学生 一般	
7	井上研究室 (機能物性)	井上 圭一	光ではたらくタンパク質の不思議について	本企画では、私たちヒトや動物の目の中で光受容体として働くロドプシンなどを中心に、自然界にある光ではたらくタンパク質について、ポスター形式で紹介いたします。綺麗な色をしたタンパク質の写真などと共に、タンパク質分子の複雑さや巧妙さを伝えることを目的とします。	常設 (ポスター)	中学生 大学生 一般	
8	大型計算機室 (物質設計)	福田 莉大	物性科学とスーパーコンピュータ	昨年同様、動画やポスターを通して、物性研究所にあるスーパーコンピュータの仕組みや物性研究との関わりを解説する。	常設 (動画) 常設 (ポスター)	幼児、小学生 中学生 大学生 一般	
9	国際超強磁場 科学研究施設	松田 康弘	超強磁場をつくってみる	一巻きコイル法で100テスラ超強磁場を発生させる手順を、コイル準備から取り付け、コンデンサーバンク事前点検、充放電操作、実際の磁場発生、磁場測定結果、事後点検、まで、ライブで解説、紹介する。	ライブ	中学生 大学生 一般	
10	小林研究室 (LASOR)	石塚 悠也	オンラインでレーザー加工に触れてみよう!	オンラインでお客さんに目標形状を目指して、加工条件を選んでもらい、その条件で実際に加工を行う。加工した作品を展示して、ランキング付けを行う。 撥水加工についての動画の展示を行う。	ライブ 常設 (動画)	幼児、小学生 中学生 大学生 一般	

コロナ禍以前の対面による一般公開では各研究室やグループはいわばルーチン的に展示をこなしていた。オンライン一般公開で展示をするときには、1 からテーマの検討やコンテンツ作りをする必要がある。これには大変な労力を伴う。そもそもモチベーションが下がらないのが普通であろう。研究している方が楽しめ楽しい。それでもこうし

て多くの新規企画を提案いただいたことに謝意を表したい。

また、昨年既に展示企画をしてくれたグループの多くにも、引き続き展示ブースを出していただいた。それらを加え、スクリーン上の企画を除いて 14 の展示ブースが並んでいる。

そして、裏に回ると低層棟がある。一部、中にも入れることができ、展示スペースがある。



本館2階にメインの展示スペースがあり、床のマップを見るとどこに行けばよいか分かる。それぞれのブースには研究内容を分かりやすく示す映像コンテンツやポスターがあり、じっくり見るとかなり勉強になる。また、普段見ることができない研究施設の内部なども映像や画像で見ることができる。SPring-8の中も見学できる貴重なシステムである。

各ブースの中は実際にバーチャル物性研を訪れて確認していただきたい。

あと忘れてはいけないのが、ライブ企画である。小林研では学生の石塚悠也さんが代表のレーザー加工ライブ企画を行った。ウェブ上でお絵描きをすると、その通りに金属にレーザーが照射され、自分の描いた絵の金属プレートができるというものである。

木村隆志所員は、SPring-8から生中継で研究施設の様子を伝えてくれた。超強磁場施設の松田康弘所員は、破壊型の強磁場実験を生で中継しながら行うという画期的な企画を行った。個人的な感想であるが、これは大変素晴らしい企画であった。

以上、少々のハプニングはあったものの、皆様の多大なる努力により、今年度も成功裏に終わった。

来年度以降は一般公開がどのような形態で行われるかは未知である。コロナの状況次第と思うが、リアルとバーチャルとの併設もありうる。また、一般公開から生まれたバーチャル物性研は、他の利用法も考えられる。これからの展開が楽しみである。

最後に今年度の一般公開を支えていただいた一般公開委員、物性研究所事務、そして広報室諸氏に感謝する。

についての理論的研究を発表した。堀田氏は本研究会シリーズの初めての参加者である。フラストレーション格子系での Ising スピンのように量子ゆらぎが大きい系でのガラスの可能性について論じており、これまでにない発表で興味深かった。初日の最後はガラスの実験のセッションで、山室と森龍也氏(筑波大物質工)はガラスのボゾンピーク・低エネルギー励起について、市坪哲氏(東北大金研)と水野勇希氏(JASRI)はガラスの構造とその緩和・温度変化について発表した。これまでこの研究会で金属ガラスの発表はなかったので、市坪氏の発表は新鮮で興味深かった。

2 日目の最初は、本研究会シリーズのもう一人の功労者である金谷利治氏(京大名誉教授)の特別講演であった。金谷氏は、これまでの中性子散乱法を用いた高分子ガラスの研究をまとめ上げるとともに、いくつかのガラスの未解決トピックを示した。引き続き、古府麻衣子氏(J-PARC)がスピングラス、齋藤真器名氏(東北大金研)が分子ガラスの JG- β 緩和、辰巳創一氏(京工繊大)が pinning ガラスを模したオリゴマー・ポリマー混合系、春藤淳臣氏(九大院統合新領域)がエポキシガラスのソルベントクラック挙動についての講演を行った。2 日目の午後はジャミングとレオロジーに関するセッションで、このセッションは中国からの招待講演が 2 件あったため(Ning Xu 氏(中国科学技術大)および Yulian Jin 氏(中国科学院))、基本的に英語講演とした。両氏以外に、S. Takeda 氏(東農工大)、R. Seto 氏(中国科学院大)、Pradipto 氏(京大基研)、T. Kawasaki 氏(名大理)、M. Otsuki 氏(阪大基礎工)、K. Saitoh 氏(京産大理)、H. Matsuyama 氏(名大理)、井嶋大輔氏(京大基研)、大山倫弘氏(東大総合文化)が粉体系のジャミング転移やレオロジーに関する理論研究の講演を行った。粉体系は Shear Thinning や Shear Thickening という興味深いレオロジー性質を示すだけでなく、Jamming 転移というガラス転移に似た動的転移(固化現象)を示すため、近年はガラス転移と一緒に研究されることが多い。

3 日目の午前、高分子に関するセッションで、浦川理氏(阪大院理)は高分子に包接された低分子の運動、鈴木祥仁氏(阪府大)は重合により誘起される高分子のガラス化、川上亘作氏(物材機構)はガラス性医薬品の熱測定、小林美加氏(東大院工)は高分子溶液の相分離とそれを利用した DNA 濃縮、三浦伸一氏(金沢大理工)はタンパク質のフォールディングの計算機シミュレーション、柳沢直也氏(都立大院理)は泡沫の構造緩和に関する発表を行った。こ

のセッションは、新しいグループからの発表が多く、鈴木氏、川上氏、三浦氏は初めての参加であった。ガラス状態の薬の方が溶解性が高く効きやすいという話はたいへん興味深かった。午後の最初は液体・溶液のセッションで、城田秀明氏(千葉大院理)、富永圭介氏(神戸大分子フォト)、佐藤高彰氏(信大繊維)の 3 人は高分子溶液のダイナミクス、木村佳文氏(同志社大理工)はイオン液体中での化学反応に関する発表を行った。富永氏と木村氏は初めての参加であった。このセッションでは、カー効果分光、テラヘルツ分光、過渡吸収分光、誘電緩和分光と様々な最先端分光法を、その分野の第一人者が解説したので、とても勉強になった。研究会の最後のセッションは水とポリアモルフィズムに関する講演であった。梶原行夫氏(広大院先進理工)は水の異常性、鈴木芳治氏(物材機構)は長年研究している水・水溶液のポリアモルフィズム、荻崎員弘氏(愛媛大院理工)はヨウ化錫系の水と似たポリアモルフィズム、塚原達也氏(東海大院理)は生体物質水溶液の研究に関する講演を行った。水は最も日常的な液体であると同時にポリアモルフィズムなどを示す最も異常な液体であることが再認識された。

以上のように、発表内容はガラス転移の基礎理論から生体系や電子スピン系、さらには医薬品などの応用研究まで、非常に幅広い内容の研究会であった。多くのセッションで議論が盛り上がり、とても有意義な研究会であったと思うが、やはり懇親会やコーヒブレイクなどでの、より深い議論や雑談的な会話ができないのは残念であった。これらが研究内容のより深い理解や新しい共同研究のきっかけになるからである。次回は通常の対面での研究会が出来ることを心から希望する。

本ワークショップの企画・準備・開催・報告の各段階で、多くの方々にご協力いただいた。特に、事務全般を一人で担当してくれた山室研秘書の本田裕子さん、ホームページ・web 登録システムの管理をしてくれた大学院生の楡井真実君、プログラム・予稿集の編集を担当してくれた助教の秋葉宙さんに、この場を借りて感謝したい。

【セッション 5】 13:00～15:25 ジャミング・レオロジー 1 座長 Takeshi Kawasaki

19. Ning Xu (中国科技大) Connecting glass forming ability of binary mixtures to melting temperatures
20. Yuliang Jin (中国科学院) Shear jamming, dilatancy and hardening in frictionless spheres
21. Satoshi Takada (東農工大) Kinetic theory of inertial suspensions: Steady rheology and Mpemba effect
22. Ryohei Seto (中国科学院大) Jamming in pressure-driven flows
23. Pradipto (京大基研) Impact-induced hardening in dense suspensions

15:25～15:50 コーヒーブレイク

【セッション 6】 15:50～18:40 ジャミング・レオロジー 2 座長 吉野 元

24. Takeshi Kawasaki (名大理) Nonlinear Rheology of Jammed Particles
25. Michio Otsuki (阪大院基礎工) Softening and loop trajectories of jammed grains under oscillatory shear
26. Kuniyasu Saitoh (京産大理) Nearly floppy modes
27. Hiromichi Matsuyama (名大院理) Geometrical properties of the mechanically annealed systems near the jamming transition
28. 井嶋 大輔 (京大基研) 定圧振動剪断流下における摩擦のある粉体系のスケーリング則とダイラタンシー
29. 大山 倫弘 (東大総合文化) せん断により流動化されたガラスの諸性質:降伏臨界性と限界安定性

5月12日(水) 9:00～17:30

【セッション 7】 9:00～11:55 高分子・医薬品・生物 座長 山室 憲子

30. 浦川 理 (阪大院理) ポリスチレン結晶ナノ空間に包接された低分子の特異なダイナミクス
31. 鈴木 祥仁 (阪府大院工) 重合に誘起されるガラス化とトロムスドルフ効果
32. 川上 亘作 (物材機構) 非晶質医薬品の物理安定性制御
33. 小林 美加 (東大院工) ソレ効果による相分離誘起と高分子水溶液系における DNA 濃縮
34. 三浦 伸一 (金沢大理工) モデルタンパク質のエネルギー地形とフォールディング転移
35. 柳沢 直也 (都立大院理) 泡沫の内部構造緩和における気泡のサイズ分散依存性

11:55～13:00 昼休み

【セッション 8】 13:00～15:00 液体・溶液 座長 浦川 理

36. 城田 秀明 (千葉大院理) 四塩化炭素中のポリスチレンの低振動数スペクトル:濃度依存性と分子依存性
37. 富永 圭介 (神戸大分子フォト) 水和したソフトマターの広帯域誘電分光
38. 木村 佳文 (同志社大理工) 化学反応からみたイオン液体の不均一溶媒和
39. 佐藤 高彰 (信大繊維) 温度応答性高分子の水溶液が示す静的構造・相転移と緩和ダイナミクス

15:00～15:30 コーヒーブレイク

【セッション 9】 15:30～17:25 水・ポリアモルフィズム 座長 城田 秀明

40. 梶原 行夫 (広大院先進理工) 「異常液体」水の比熱を理解する:相図を眺めてみると、
41. 鈴木 芳治 (物材機構) 低濃度トレハロース水溶液のポリアモルフィック転移とガラス転移
42. 淵崎 員弘 (愛媛大院理工) ヨウ化錫系に見られる水型ポリアモルフィズム
—秩序変数と一連の構造変化
43. 塚原 達也 (東海大院理) ウシ血清アルブミン (BSA) 水溶液中の氷および不凍水の誘電緩和

17:25～17:30 終わりに



7月26日

1. Patrick Ledwith (Harvard)

The geometry of Chern bands in twisted bilayer graphene and implications for fractional Chern insulator phases

2. Jian Kang (Soochow U)

A new perspective on the Bistritzer-MacDonald model and the emergent itinerancy in twisted bilayer graphene

3. Kosuke Mitarai (Osaka U)

Quantum algorithms for quantum many-body systems on near-term quantum computers

4. Zongping Gong (MPIQO)

Topological aspects of quantum cellular automata in one dimension

5. Ruben Verresen (Harvard U)

Towards realizing toric code topological order in the lab

7月27日

6. Fencheng Wu (Wuhan U)

Quantum Simulation in Moiré Bilayers

7. Pavel Volkov (Rutgers U)

Twisted Nodal Superconductors

8. Tatsuya Kaneko (Columbia U)

Light-induced η -pairing in Mott-Hubbard systems

9. Laimei Nie (UIUC)

Many-body quantum chaos: an entanglement perspective

10. Tokiro Numasawa (U Tokyo)

Symmetry breaking, Quantum chaos and wormholes in coupled SYK models

7月28日

11. Satoru Hayami (U Tokyo)

Bottom-up design of momentum-dependent spin-split band structures in spin-orbit-coupling free antiferromagnets

12. Anna Keselman (Technion)

Spectral Signatures of Quasiparticle Interactions in Quantum Spin Chains

13. Owen Benton (MPIPKS)

Routes to Higher-Rank Coulomb Spin Liquids

14. Akito Daido (Kyoto U)

Intrinsic mechanism of superconducting diode effect

15. Shintaro Hoshino (Saitama U)

Interaction and disorder effects on Bogoliubov Fermi surfaces

7月29日

16. Subhro Bhattacharjee (ICTS, Bangalore)

$SU(4)$ Dirac fermions on honeycomb lattice

17. Naoto Shiraishi (Gakushuin U)

Undecidability in quantum thermalization



18. Xueda Wen (Harvard/ U Colorado)

Randomly driven quantum critical systems in (1+1)d

19. Masaya Nakagawa (U Tokyo)

Dissipative Hubbard model: magnetism, superfluid pairing, and exact solution

20. Tsuneya Yoshida (Tsukuba U)

Correlated systems with non-Hermitian topology

7月30日

21. Long Zhang (KITS, University of Chinese Academy of Sciences)

Conformal Boundary Conditions and Boundary Criticality of Symmetric Quantum Spin Chains

22. Yizhi You (Princeton U)

Plaquette-dimer liquid beyond renormalization

23. Adrian (Hoi-Chun) Po (HKUST)

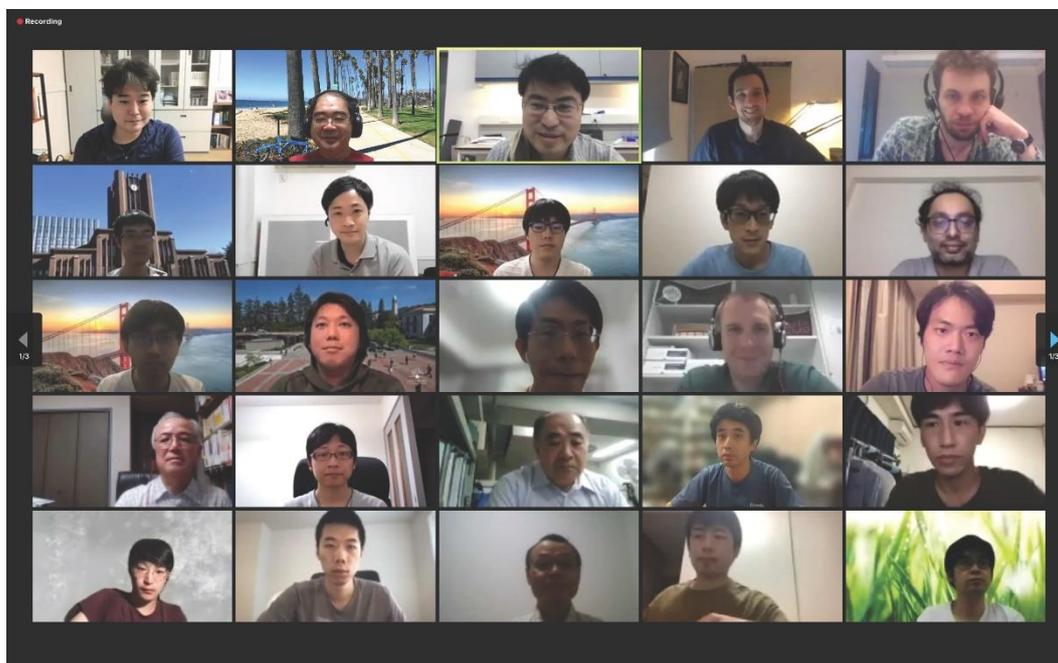
Symmetric Jordan-Wigner transformation in higher dimensions

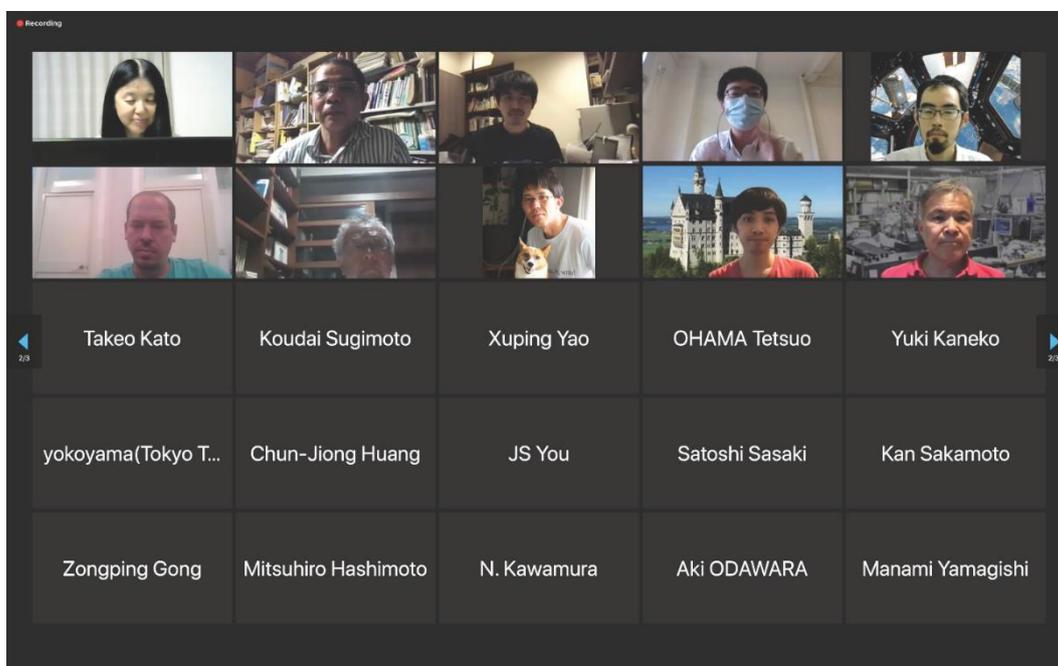
24. Tatsuhiko Ikeda (U Tokyo)

Nonequilibrium steady states in periodically driven dissipative quantum systems

25. Takashi Mori (RIKEN)

Spectral analysis of the relaxation time in open quantum many-body systems





化、低エネルギー角度分解高分解能エネルギー損失分光による有機半導体単結晶の励起子の分散関係測定など、分光研究の裾野の広がりを認識できる研究成果が多く紹介された。ポスターセッションは3日間にわたり開催された。一人あたり5分のショートプレゼンテーションの後に1時間の発表時間を設けることで、ポスター発表の内容を詳細に把握できるように工夫した。1日あたり6件のポスターに絞ったため、参加者は全てのポスター発表について詳細に議論できた。

期間中に開催した国際運営委員会で、今回は中国蘇州での開催を決定した。ワークショップの閉会式で、国際運営委員の一人である解良聡教授(分子科学研究所)から、

Steffen Duhm 教授(蘇州大学、本ワークショップの招待講演者の一人)が次期委員長を務める旨のアナウンスがあり、今回は対面での開催を参加者全員で願いつつ、本ワークショップを無事に終えることができた。

最後に、ワークショップの運営を援助していただいた鹿島学術振興財団と村田学術振興財団、ハイブリッド開催に際し技術的サポートをいただいた物性研究所の矢田裕行技術専門職員と野澤清和特任専門職員、会場運営を手伝っていただいた学生諸氏に感謝する。

なお、プログラムと要旨集は、下記の Web サイトから入手が可能である。

https://yoshinobu.issp.u-tokyo.ac.jp/ASOMEAX_web/index.html

ASOMEA-X 組織委員長

吉信淳(東京大学物性研究所、教授)

ASOMEA-X 国内組織委員会:

荒船竜一(物質・材料研究機構、主任研究員)、赤池幸紀(産業技術総合研究所、主任研究員)、小澤健一(東京工業大学、助教; 現、高エネルギー加速器研究機構、准教授)、山田洋一(筑波大学、准教授)、吉田弘幸(千葉大学、教授)、中山泰生(東京理科大学、准教授)、原田慈久(東京大学物性研究所、教授)、近藤猛(東京大学物性研究所、准教授)、岡崎浩三(東京大学物性研究所、准教授)、黒田健太(東京大学物性研究所、助教; 現在、広島大学、准教授)

ASOMEA-X 運営事務局:

田中駿介(物性研・助教)、向井孝三(物性研・技術専門員)、八木橋由紀子(物性研・ナノスケール物性研究部門秘書)

国際運営委員会:

Prof. Satoshi Kera, Institute for Molecular Science, Japan
Prof. Joachim Schnadt, Lund University, Sweden
Prof. Stacey Sörensen, Lund University, Sweden
Prof. Petra Tegeder, Universität Heidelberg, Germany
Prof. Ulrich Höfer, Philipps-Universität Marburg, Germany
Prof. Norbert Koch, Humboldt-Universität zu Berlin, Germany
Prof. Steffen Duhm, Soochow University-Western University, China
Prof. Wei Chen, National University of Singapore, Singapore
Prof. Jun Yoshinobu, The University of Tokyo, Japan

(文責: 赤池幸紀、小澤健一、吉信淳)





図：辛埴博士によるオンライン・チュートリアル講義のスクリーンショット

物性研究所談話会

標題：高強度高分子材料の強靱化メカニズム

日時：2021年10月21日(木) 午後4時～午後5時

場所：Zoom 開催

講師：眞弓 皓一

所属：物性研究所中性子科学研究施設

要旨：

高分子材料は金属材料やセラミックスなどの無機材料に比べると力学強度は劣るとされてきたが、ナノ・分子レベルでの構造制御により高分子材料の機械強度は飛躍的に向上しつつある。高強度高分子材料は、その組成に応じて、ゲル・ゴム・樹脂などに分類され、高強度ゲルは体内に埋め込む人工関節や人工血管などの医療材料として、高強度ゴムはソフトロボット用の素材や免振ゴムなどの建築材料として、高強度樹脂は車・飛行機などの構造材料としての応用が期待されている。

本講演では、高強度ゲル開発の 20 年の歴史を振り返り、代表的な高強度ゲルとして、可逆架橋を有する自己修復性ゲル、環状分子で架橋された環動ゲルの強靱化メカニズムについて説明する。また、我々の最近の成果として、可逆な伸長誘起結晶化による自己補強ゲルの開発について紹介する。自己補強ゲルは、従来の高強度ゲルでは不可能であった強靱性と復元性を両立した世界初の高強度ゲルであり、大きな負荷が繰り返し加わるような人工靱帯・関節などへの応用が期待されている。さらに、高分子ゲルの強靱化手法をゴム・樹脂材料に適用した事例についても紹介する。我々の研究室では、JRR-3 の中性子小角散乱装置 SANS-U および中性子スピネコー装置 iNSE の全国共同利用を推進しており、中性子散乱を用いた分子構造・ダイナミクス計測による高分子材料の強靱化機構解明についても今後の展望を述べる。

【講師紹介】

眞弓先生は令和 2 年 11 月に物性研中性子科学研究施設に着任され高分子・ソフトマターを対象にして、中性子散乱法による構造・ダイナミクス解析に基づいた物性発現機構の解明について研究されています。講演では、高強度ゲル開発の 20 年の歴史を振り返り、代表的な高強度ゲルとして、可逆架橋を有する自己修復性ゲル、環状分子で架橋された環動ゲルの強靱化メカニズムについてご紹介頂きました。



物性研究所セミナー

標題: Phase transitions and critical states of monitored quantum systems

日時: 2021年11月1日(月) 午前10時~午後0時

場所: Zoom 開催

講師: Ehud Altman

所属: UC Berkeley

要旨:

In a closed system, thermalization occurs through unitary evolution, which encodes information in increasingly nonlocal degrees of freedom. Recent work on random quantum circuits has clarified how this non-local encoding is affected by an external observer: at a critical measurement rate the system undergoes a phase transition from an encoding state with volume law entanglement to an area law state. I will review the current understanding of the transition using a mapping to statistical mechanics models and use this description to predict two new phenomena. First, I will argue that large scale entanglement, with sub-volume critical power law scaling, is left in the monitored system when it is coupled to a decoherence channel at its edge. Second, I will show that the capacity of certain quantum circuits to facilitate quantum teleportation over infinite distances has a critical onset at a finite time.

Chair: Yuki Motome

This event is jointly organized by the Korea Institute for Advanced Study and the University of Tokyo. “Correlated Electrons Virtual International Seminars (CEVIS)” <https://sites.google.com/view/cevis2020/home>

標題: 多端子ジョセフソン接合におけるワイル特異点の操作とトポロジカル相転移の制御

日時: 2021年11月11日(木) 午後2時~午後3時

場所: Zoom 開催

講師: 横山 知大

所属: 大阪大学大学院基礎工学研究科

要旨:

ジョセフソン接合は、超伝導体間の位相差が物理量に現れる、量子力学の最も重要な研究対象の1つである。接合を3つ以上の超伝導体に拡張した多端子ナノ構造の場合、物理量は2つ以上の位相差の全てに対して周期的である。我々は接合の準粒子状態が位相差空間においてエネルギーバンドを形成するとみなすことで、この多端子接合を人工物質として提案する。特に、そのバンドにワイル特異点が創発することを明らかにした[1]。多端子ジョセフソン接合におけるワイル特異点の検出[2]や、回路化による特異点創出[3]、量子ビットへの応用[4]などが提案されているが、特異点が発現されるナノ構造の具体的な条件など、未解明な課題が多く残されている。本研究では、ナノ構造に量子ポイントコンタクト構造などによる電子伝導制御を想定することで、ワイル特異点の発現条件や発現するパラメータ領域、トポロジカル相の相転移を議論する。トポロジカル相転移はワイル特異点の対消滅・対生成を伴う。ナノ構造の場合、広い外部パラメータ制御が可能であり、ゲート電圧や外部磁場によるワイル特異点の移動、周期的な対消滅・対生成が可能である。その際、ゲート電圧の領域に応じて、2つの特異点による対消滅・対生成と、4つの特異点に関与した対消滅・対生成が得られる。さらに、後者は第一ブリュアン領域の特異点のみが関与する場合と隣接するブリュアン領域の特異点も寄与する場合に分類される。これらの特徴は新たなトポロジカル相の分類を示唆し、「動的なトポロジー」の分類という概念を提示する。



- [1] T. Yokoyama and Yu. V. Nazarov, PRB 92, 155437 (2015).
- [2] R.-P. Riwar, et al., Nat. Commun. 7, 11167 (2016).
- [3] V. Fatemi, A. R. Akhmerov, and L. Bretheau, PR Research 3, 13288 (2021).
- [4] Y. Chen and Yu. V. Nazarov, PRB 103, 045410 (2021).

標題 : Detecting ultrafast dynamics in correlated materials by laser-based photoelectrons

日時 : 2021 年 11 月 15 日(月) 午前 10~午後 0 時

場所 : Zoom 開催

講師 : Kyoko Ishizaka

所属 : The University of Tokyo

要旨 :

In strongly correlated systems, electron, spin, and phonon degrees of freedom are intricately intertwined, and various symmetry breaking phenomena occurs. These systems exhibit condensed states reflecting the interactions, thereby acquiring peculiar anisotropy and/or hierarchical structures which show unique dynamics in non-equilibrium states. Recently we have been working on observations of these dynamics by using new measurement techniques such as time- & angle-resolved photoelectron spectroscopy and ultrafast electron microscopy. In this talk, I will introduce our recent works on nematic iron-based superconductor FeSe and trimer-ordered “charge-density-wave” material VTe₂. In FeSe, through the time-, energy-, momentum- and orbital-resolved photoelectron spectroscopy, we detected the ultrafast dynamics of the Fermi surface anisotropy, and found the short-lived nematic oscillation appearing right after the strong perturbation by light [1]. In VTe₂, we first clarified the electronic structure and found that the trimer formation is intimately related with the band inversion and the Dirac surface state located at the Brillouin zone boundaries [2]. In addition, by using the ultrafast electron diffraction and imaging, we found the peculiar phononic responses related to the trimer dissolution by optical irradiation [3], suggesting the possibility of ultrafast control of band inversion.

- [1] T. Shimojima, KI et al., Nat. Commun. 10, 1946/1-6 (2019).
- [2] N. Mitsuishi, KI et al., Nat. Commun. 11, 2466/1-9 (2020).
- [3] A. Nakamura, KI et al., Nano Lett. 20, 7, 4932–4938 (2020).
- [4] T. Shimojima, KI et al, Sci. Adv. 7, eabg1322/1-8 (2021).

Chair: Masaki Oshikawa

This event is jointly organized by the Korea Institute for Advanced Study and the University of Tokyo. “Correlated Electrons Virtual International Seminars (CEVIS)” <https://sites.google.com/view/cevis2020/home>

標題：高輝度 X 線光源を利用した細胞試料の顕微イメージング

日時：2021 年 11 月 18 日(木) 午前 10 時～午前 11 時 30 分

場所：Online

講師：木村 隆志

所属：物性研究所・極限コヒーレント光科学研究センター

要旨：

短い波長、高い透過能、物質との様々な相互作用といった特徴を活かした X 線による分析は、結晶構造解析を代表として生物学においても幅広い応用がなされている。特に高輝度を特徴とする放射光 X 線を利用した実験では、微小な細胞やその内部構造からのシグナルを検出する顕微イメージングも比較的容易に行うことが可能になる。

講演者はこれまで第三世代放射光施設である SPring-8 や X 線自由電子レーザー施設の SACLA を利用した、X 線顕微イメージングの開発に従事してきた。技術として X 線領域で利用可能な超精密ミラー光学系の作製・応用に強みを持っており、X 線自由電子レーザーのフェムト秒パルスを利用した生細胞のシングルショットイメージング技術の開発や、SPring-8 BL07LSU 東京大学放射光アウトステーション物質科学ビームラインでの新規 X 線顕微イメージングシステムの立ち上げ・評価などに取り組んでいる。

本発表では、特にこうしたミラー光学系を利用した顕微イメージング技術に焦点を当て、SACLA や SPring-8 の成果などの実例を交えながら、目指している方向性など今後の展望も踏まえて講演を行う。

標題：強磁場と中性子散乱で探る三角格子量子反強磁性体の基底状態と素励起

日時：2021 年 11 月 19 日(金) 午前 11～午後 0 時

場所：Zoom 開催

講師：田中 秀数

所属：東京工業大学理学院

要旨：

スピンの大きさが $1/2$ で、最近接交換相互作用のみを持つ 2 次元三角格子 Heisenberg 反強磁性体 (TLHAF) のゼロ磁場での基底状態は長年の理論研究から Resonating-valence-bond (RVB) のようなスピン液体ではなく、 120° 構造の秩序状態になることが知られている[1]。しかし、秩序モーメントの大きさは全モーメントの 40%程度であり、大きな量子揺らぎが残っている。スピン $1/2$ TLHAF では量子揺らぎによって飽和磁化の $1/3$ にプラトーが生ずる事が理論的に知られている[2]。本講演では、まずスピン $1/2$ TLHAF に近い $\text{Ba}_3\text{CoSb}_2\text{O}_9$ で行われた $1/3$ 磁化プラトーを含む磁場中量子相転移の研究について紹介する。 $\text{Ba}_3\text{CoSb}_2\text{O}_9$ では弱い容易面型異方性と弱い三角格子面間相互作用のために純粋な 2 次元系では見られない多彩な量子相転移が磁場中で起こることが分かった[3-5]。

磁気励起には基底状態と素励起の特徴が反映される。スピン $1/2$ TLHAF の磁気励起は線形スピン波理論の結果から大きく異なることが知られているが、理論的コンセンサスは単一マグノン励起に限られている。逆格子空間の K 点 (三角構造の磁気秩序に対応する波数ベクトルの点) 近傍の単一マグノン励起は線形スピン波理論と一致するが、波数ベクトルが K 点から離れると、励起エネルギーは線形スピン波理論の結果よりも急速に低下し、分散関係には M 点で roton-like minimum と呼ばれる極小が現れることが知られている[6]。本講演の後半では中性子散乱で得られた $\text{Ba}_3\text{CoSb}_2\text{O}_9$ [7] と $\text{Ba}_2\text{CoTeO}_6$ [8] の磁気励起を紹介し、両物質の磁気励起からスピン $1/2$ TLHAF に共通する普遍的な磁気励起スペクトルを示す。最近の理論研究から、RVB 的状態からのスピノン励起を考えると実験で得られた磁気励起の特徴をある程度説明できることが分かってきた[9]。これは基底状態が秩序状態であっても、揺らぎとして RVB 状態が残っていることを示している。

[1] 例えば S. R. White and A. L. Chernyshev, PRL 99, 127004 (2007).



- [2] 例えば D. J. J. Farnell et al. J. Phys.: CM 21, 406002 (2009), T. Sakai and H. Nakano, PRB 83, 100405 (2011), C. Hotta et al. PRB 87, 115128 (2013).
- [3] Y. Shirata et al., PRL 108, 057205 (2012), T. Susuki et al., PRL 110, 267201 (2013), K. Okada et al. unpublished data.
- [4] G. Koutroulakis et al., PRB 91, 024410 (2015).
- [5] D. Yamamoto et al., PRL 114, 027201 (2015).
- [6] 例えば W. Zheng et al., PRB 74, 224420 (2006).
- [7] S. Ito et al., Nat. Commun. 8, 235 (2017).
- [8] Y. Kojima et al., preprint.
- [9] F. Ferrari and F. Becca, PRX 9, 031026 (2019), C. Zhang and T. Li, PRB 102, 075108 (2020).

標題 : Wave function geometry and anomalous Landau levels of flat bands

日時 : 2021 年 11 月 29 日(月) 午前 10~午後 0 時

場所 : Zoom 開催

講師 : Bohm Jung Yang

所属 : Seoul National University

要旨 :

Semiclassical quantization of electronic states under magnetic field describes not only the Landau level spectrum but also the geometric responses of metals under a magnetic field. However, it is unclear whether this semiclassical idea is valid in dispersionless flat-band systems, in which an infinite number of degenerate semiclassical orbits are allowed. In this talk, I am going to show that the semiclassical quantization rule breaks down for a class of flat bands including singular flat bands [1-5] and isolated flat bands [6]. The Landau levels of such a flat band develop in the empty region in which no electronic states exist in the absence of a magnetic field. The total energy spread of the Landau levels of flat bands is determined by the quantum geometry of the relevant Bloch states, which is characterized by their Hilbert–Schmidt quantum distance and fidelity tensors. The results indicate that flat band systems are promising platforms for the direct measurement of the quantum geometry of wavefunctions in condensed matter.

- [1] J. W. Rhim and B. -J. Yang, “Classification of flat bands according to the band-crossing singularity of Bloch wave functions”, PRB 99, 045107 (2019)
- [2] J. W. Rhim, K. Kim, B. -J. Yang, “Quantum distance and anomalous Landau levels of flat bands”, Nature 584, 59-63 (2020)
- [3] Y. Hwang, J. Jung, J. W. Rhim, B. -J. Yang, “Wave function geometry of band crossing points in two-dimensions”, PRB 103, L241102 (2021)
- [4] Y. Hwang, J. W. Rhim, B. -J. Yang, “Flat bands with band crossing enforced by symmetry representation”, PRB 104, L081104 (2021); PRB 104, 085144 (2021)
- [5] J. W. Rhim and B. -J. Yang, “Singular flat bands”, Advances in Physics X, 6:1, 1901606 (2021)
- [6] Y. Hwang, J.-W. Rhim, B.-J. Yang, “Geometric characterization of anomalous Landau levels of isolated flat bands”, Nature Communications 12, 6433 (2021)

Chair: Gil Young Cho

that heat-driven electron motion is strongly affected by electron-scattering within the drive wire. Since a potential barrier is one of the key elements in quantum electronic circuits, our results will provide useful information for quantum operations in nanocircuits in particular for quantum circuits containing a potential barrier. In the end of the talk, I will also introduce the results on the induced charge in a charge-pulse injection setup rather than in a DC setup discussed above and talk about the perspectives of such a pulse setup for electron quantum optics experiments.

References

- [1] B. N. Narozhny, and A. Levchenko, Rev. Mod. Phys. 88, 025003 (2016).
- [2] V. S. Khrapai, et al., Phys. Rev. Lett. 99, 096803 (2007).
- [3] S. Takada et al., J. Phys. Soc. Jpn. 90, 113707 (2021).

標題：不均一系における物質輸送への分子シミュレーションからのアプローチ

日時：2021年12月10日(金) 午後4時～午後5時

場所：Zoom 開催

講師：岡崎 進

所属：大学院新領域創成科学研究科

要旨：

溶液などの均一媒体中における物質輸送、拡散については、長い伝統の下に実験的、理論的に様々な取り組みがなされ、方法論的にもまた物理化学的描像としても十分に理解が進み、ほぼ完成形に近いものとなっている。一方で、たとえば複雑な形状を持った電極界面など工業的に重要な不均一系における物質輸送は、その複雑さから十分な理解には至っておらず、解析手法についても理論、シミュレーションのいずれについても十分には確立されていないのが現状である。本研究においては、これまで計算科学的に解析が困難であった不均一系の物質輸送にアプローチするために、分子動力学計算に基づいて作成した輸送される分子の位置に依存する拡散係数と自由エネルギーから、動的モンテカルロ法を用いて物質の長距離拡散を記述するひとつの方法論を提案する

標題：超強磁場下における強相関半導体の半導体-金属転移

日時：2021年12月16日(木) 午前10～午前11時

場所：Zoom 開催

講師：中村 大輔

所属：理化学研究所 創発物性科学研究センター

要旨：

東京大学物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設では、一巻きコイル法および電磁濃縮法を用いた100テスラを超える超強磁場の発生および超強磁場下での物性計測という特色ある研究を行なっている。特に電磁濃縮法に関しては、発生できる磁場強度に関してここ10年の間に飛躍的な進歩があり、現在では1200テスラまでの磁場発生が可能となっている[1]。また、より簡便に実験を行うために電磁濃縮装置を2台に増設し、1台は400テスラ程度までの最大磁場強度に抑えた設計とすることで、装置のメンテナンスが少なくユーザーが繰り返し実験をしやすいような磁場環境を整えている。今回のセミナーでは、測定温度を変えた繰り返し実験によって超強磁場領域における温度-磁場相図を決定した研究の例として、強相関半導体の磁気抵抗測定に関する結果を紹介する。

強相関半導体 FeSi および SmB6 では、電子相関効果によって低温で数十 meV のエネルギーギャップが開き、半導体的な輸送特性を示す。特に SmB6 では、トポロジカル表面状態の存在が近年提唱されており、興味が持たれている[2]。超強磁場下では、ゼーマン効果によるエネルギーバンドのシフト量が半導体のエネルギーギャップに匹敵するため、磁場

誘起の半導体-金属(S-M)転移が生じる。さらに、インギャップ状態の電子構造を反映した磁気抵抗の変化を観測することが可能である。しかし、超強磁場領域では電磁ノイズとの干渉が生じやすい電気抵抗測定はあまり行われてこなかった。そこで、ノイズ除去に最も効果的なのは高周波のプロブ信号を用いてノイズ成分をフィルタリングすることであることを考慮し、500MHz-1GHz 領域の非接触電気伝導度計測手法を開発することによって高精度かつ信頼性の高い磁気抵抗測定を可能にした[3]。その結果、FeSi では 270 テスラにおいて S-M 転移が生じることが明らかになった[4]。また、SmB6 では、190 テスラで S-M 転移を示すとともに、トポロジカル表面状態とは異なる特徴的な低温相が存在することが初めて明らかになり、特徴的な準粒子励起が生じていることが示唆される結果が得られた[5]。

講演では、強磁場ヘビーユーザーが自分の研究室で使用できる省コスト・省スペースの強磁場発生装置の例として、現在理化学研究所において製作中である、ミニパルスマグネットを用いた 30 テスラ級強磁場発生装置に関する話題も提供したい。

[1] D. Nakamura et al., Rev. Sci. Instrum. vol.89, p.095106 (2018).

[2] D. J. Kim et al., Sci. Rep. vol.3, 3150 (2013).

[3] D. Nakamura et al., Meas. Sci. Technol. vol.29, p.035901 (2018).

[4] D. Nakamura et al., Phys. Rev. Lett., vol.127, p.156601 (2021).

[5] D. Nakamura et al., submitted.

標題：第一原理計算を用いた Li 挿入グラファイトの熱力学的解析と Pt(111)/単層氷構造の研究/Sachdev-Ye-Kitaev 模型とその変形模型のダイナミクス

日時：2021 年 12 月 16 日(木) 午前 10～午前 11 時 30 分

場所：Online

講師：春山 潤、沼澤 宙朗

所属：物性研究所・機能物性研究グループ

・春山潤助教セミナー「第一原理計算を用いた Li 挿入グラファイトの熱力学的解析と Pt(111)/単層氷構造の研究」

【概要】

我々の研究室では Li イオン電池・燃料電池の電荷移動を伴う反応を理解することを目指して研究を進めている。今回の発表では Li 挿入グラファイト安定構造の熱力学的な解析と、Pt(111)/単層氷構造の研究について報告する。グラファイトに関してはオペランド放射光 X 線回折測定の解析結果を基に提案された高ステージ Li 挿入グラファイトの構造に着目して議論する。また Pt(111)/単層氷は電子線・X 線・STM 等によって明らかにされた吸着水や氷の配向構造と第一原理計算との整合性を検討する[2]。

[1] J. Haruyama, S. Takagi, K. Shimoda, I. Watanabe, K. Sodeyama, T. Ikeshoji, and M. Otani, J. Phys. Chem. C, in revision.

[2] 春山潤、杉本敏樹、杉野修、“第一原理計算を用いた Pt(111)表面の単層氷構造の研究”、2021 年日本表面真空学会学術講演会



本研究では量子測定が近藤効果に与える効果を定性的に明らかにし、量子測定下での実効的な近藤温度を導出するため、不純物準位に電子が 1 個存在する状態への射影測定が作用するアンダーソン不純物模型を解析した。手法として、量子測定下に拡張されたケルディッシュ形式[2]と非ユニタリー変換に拡張したシュリーファー・ウルフ変換を組み合わせ、有効ハミルトニアンとして非エルミート近藤模型を導出し、摂動論を用いて量子測定下の近藤効果を評価した。本講演では、以上の手法から得られた、(i) 量子測定が近藤効果の特徴の一つである近藤共鳴ピークが減じさせる効果をもつこと、(ii) 非ユニタリー変換によって導出された非エルミート近藤模型が示す近藤温度への量測定効果の依存性の 2 つの結果について議論する[3]。

[1] M. Nakagawa, N. Kawakami, and M. Ueda, Phys. Rev. Lett. 121, 203001 (2018).

[2] L. M. Seiberer, M. Buchhold, and S. Diehl, Rep. Prog. Phys. 79, 096001 (2016).

[3] M. Hasegawa, M. Nakagawa, and K. Saito, arXiv:2111.07771 (2021).

標題：強磁場と異方性による三角格子反強磁性体の多彩な磁気相と圧力による量子性の制御

日時：2022 年 1 月 19 日(水) 午後 4 時～午後 5 時

場所：Zoom 開催

講師：山本 大輔 准教授

所属：日本大学 文理学部 物理学科

要旨：

磁性体などの固体物質の性質は、主に自然界の化学合成のルールに従った組成（結晶構造やスピン量子数など）によって決定する。したがって新奇な機能を持つ物質を作成するためには、経験的な指導原理の下で偶発的に良い組み合わせを探し出す必要がある。一方で強磁場や圧力の印加は、既存の固体物質の性質を能動的に変化させる数少ない外的な手段である。特に、多数の異なる磁気状態がエネルギー的に準縮退しているフラストレート磁性体では、磁気基底状態の選択に対する磁場や圧力の影響が相対的に大きくなる。

フラストレート磁性の典型例である三角格子反強磁性体では、分子場解析において磁化過程に非自明な無限縮退が現れてしまうため、古典的な計算では低温磁気状態が一意に決定できない。したがって、小さな量子揺らぎや異方性が状態決定に本質的に重要な役割を果たし、その結果として磁化の値が飽和値の 1/3 に量子化された「磁化プラトー[1]」や、強磁場・異方性・量子揺らぎの 3 者の協奏によって生まれる「 $\Psi(\pi\text{-coplanar})$ 状態[2]」などの非自明な磁気相が現れる。また、Ba₃CoSb₂O₉ [3]のような擬二次元物質においては、非常に小さな面間相互作用が新たな磁場誘起量子相転移を引き起こすことが分かっている[4]。

本セミナーでは、上述した理論的な既知事項（最近の発見を含む）を実験結果と絡めて紹介し、さらに圧力の印加による磁性体の量子性の制御に関する我々の最新の研究成果[5]について論じる。磁性体を構成する磁性イオンのスピン量子数 S は、その物質の量子性の強さに直結する量である。我々は、神戸大学分子フォトサイエンス研究センターにおける結合スピン鎖三角格子反強磁性体 CsCuCl₃ に対する圧力下磁気測定実験と、理論解析による磁気パラメータフィッティングおよび有効 2 次元模型によるマッピングを行い、スピン量子数 S を圧力によって実効的に制御できる可能性を示した。このことは、結合スピン鎖物質への圧力印加によって、2 次元フラストレートスピン模型の物理を量子性の能動的な制御下でシミュレートできるという画期的なアイデアをもたらす。

[1] A. V. Chubukov and D. I. Golosov, J. Phys. 3, 69 (1991).

[2] D. Yamamoto et al., PRL 112, 127203 (2014); PRB 96, 014431 (2017).

[3] Y. Shirata et al., PRL 108, 057205 (2012); T. Susuki et al., PRL 110, 267201 (2013).

[4] D. Yamamoto et al., PRL 114, 027201 (2015).

[5] D. Yamamoto et al., Nat. Commun. 12, 4263 (2021).



東京大学物性研究所研究員(若手)の公募について

1. 職名および人数

特任研究員 若干名

2. 所属

東京大学物性研究所

3. 就業場所

東京大学物性研究所

柏キャンパス (千葉県柏市柏の葉 5-1-5)

附属中性子科学研究施設 (茨城県那珂郡東海村白方 106-1)

附属極限コヒーレント光科学研究センター 軌道放射物性研究施設 播磨分室 (SPring-8 内)

(兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1)

4. 公募内容

物性科学における実験的または理論的研究

5. 応募資格

次の3条件を満たしている者

(1) 博士号または同等の資格取得後5年程度までの者、または着任時までに博士号取得が確実に見込まれる者。

(2) 着任予定時に主たる職、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所員(教授または准教授)と事前に連絡をとり、所員の同意の上で研究計画等の作成を行うこと。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場合には、主たる受け入れ所員を指定すること。

6. 契約時期

令和4(2022)年9月1日から令和5(2023)年2月末日までに着任すること。

7. 任期

原則として2年間、その後、状況によっては再応募を認める。ただし、延長期間は1年間とし、再応募は1回のみとする。

8. 試用期間

採用された日から6月間(東京大学教職員就業規則第8条による)

9. 応募締切

令和4(2022)年3月31日(木)必着

10. 提出書類

○履歴書(東京大学統一履歴書(<https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/about/jobs/r01.html>))を用いること

○業績リスト(代表的な業績に○印を付けること)

○主要論文別刷り(3編以内)

○研究業績の概要(A4用紙2-3枚)

○受け入れ研究室での期間内における研究計画書(A4用紙2-3枚)

○指導教員または推薦者による本人に関する意見書

11. 提出方法

郵送または電子メール

提出先: 〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5 東京大学物性研究所総務係

電話: 04-7136-3501 Email: issp-jinji@issp.u-tokyo.ac.jp

【ISSP ワークショップ】

- 28 ○「物性科学におけるデータ科学の今と未来」
- 31 ○The International Workshop on Quantum Magnets in Extreme Conditions
- 37 【物性研究所談話会】
- 38 【物性研究所セミナー】
- 【物性研ニュース】
- 48 ○人事異動
- 51 ○令和2年度外部資金の受入について
- 編集後記
- 物性研だよりの購読について

物性研だより第61巻第3号

- 1 ナノスケールの半導体基盤上で起こる電子の協力現象 阪野 壘
- 4 引っ張ると頑丈になる自己補強ゲル
 ～繰り返し負荷に耐えられる人工靱帯などへの応用に期待～ 眞弓 皓一
- 6 結合スピン鎖物質の量子性を圧力によって能動的に制御する
 ～カイラル磁性体 CsCuCl₃ の磁化過程における量子-古典クロスオーバー～ 山本 大輔
- 10 日本物理学会学生優秀発表賞(領域4)を受賞して 山本 剛史
- 11 日本物理学会学生優秀発表賞を受賞して 清水 貴勢
- 12 日本化学会第101春季年会学生講演賞を受賞して 亀山 亮平
- 14 日本レオロジー学会奨励賞を受賞して 眞弓 皓一

【ISSP ワークショップ】

- 16 ○第2回ナノスケール物性科学の最先端と新展開
- 19 ○ISSP WOMEN'S WEEK 2021
- 27 第66回物性若手夏の学校開催報告 増木 亮太
- 31 【物性研究所談話会】
- 33 【物性研究所セミナー】
- 【物性研ニュース】
- 38 ○東京大学物性研究所人事異動一覧
- 編集後記
- 物性研だよりの購読について



物性研だより第 61 巻第 4 号

- 1 スピン流を超簡単に on/off スイッチング
～ 結晶を曲げるだけでトポロジカル相を自在に制御 ～ Chun Lin、近藤 猛
- 4 半導体量子ドット中での多電子状態の読み出しとスピン緩和現象の解析 吉見 一慶、加藤 岳生
- 7 鉄系超伝導体の超高速な結晶構造変化を実現
—光による新しい超伝導操作の可能性を示唆！— 鈴木 剛、岡崎 浩三
- 10 日本高圧力学会功労賞を受賞して 後藤 弘匡
- 12 令和 3 年度 物性研究所一般公開報告の報告 小林 洋平

【物性研究所短期研究会】

- 18 ○ガラスおよび関連する複雑系の最先端研究

【物性研究所 ISSP ワークショップ】

- 22 ○New Trends in Quantum Condensed Matter Theory 2021

- 26 ○「第 10 回国際ワークショップ 電子機能性有機物質の先端分光」

(10th International Workshop on Advanced Spectroscopy of Organic Materials for Electronic Applications: ASOMEA-X)の報告

- 29 【物性研究所談話会】

- 31 【物性研究所セミナー】

【物性研ニュース】

- 41 ○東京大学物性研究所研究員(若手)の公募について

- 43 ○東京大学物性研究所教員公募について

- 45 物性研だより第 61 巻目録 (第 1 号～第 4 号)

編集後記

物性研だよりの購読について



編集後記

今回の表紙絵となりました一般公開については、一般公開の委員長をされた小林先生から紹介記事があります。バーチャル物性研及びその中で展開される企画等、昨年から更にバージョンアップしております。その中で、番組作成のような企画作業もさることながら、映像等の技術的な面においても学生さんの貢献が大きく、小林先生もコメントされていますが、研究と違いますが貴重な経験を積む場所になっていると思います。一方で、サイトビジットから、オンラインとなりアクセスする「層」が変わっており、これまでと違った方面へのアウトリーチに繋がっており、今後、この効果がどのように現れるかは注視していきたいところです。また、これらの培われた財産をコロナ禍後においてどう活かすか、仮にオンサイトとオンラインのハイブリッドにした場合の種々の負担を考えると、来年の委員長は悩ましいところだと思います。

今回も、研究記事へのコメントを書くスペースが無くなってしまいましたが、最近、物性研だよりでは常連さんになって頂いている近藤研、岡崎研には、トポロジカル相の外場コントロールと X 線自由電子レーザーの特性を活かした尖った研究成果を寄稿して頂いております。また、吉見氏の記事での研究に至る経緯、それから、後藤氏の受賞記事における高圧装置の開発の経緯は、研究発表では聴けない貴重な話だと思います。

鈴木博之

物性研だよりの購読について

物性研だより発行のメール連絡を希望される方は共同利用係まで連絡願います。

また、物性研だよりの送付について下記の変更がある場合は、お手数ですが共同利用係まで連絡願います。

記

1. 送付先住所変更（勤務先⇔自宅等）
2. 所属・職名変更
3. 氏名修正（誤字脱字等）
4. 配信停止
5. 送付冊数変更（機関送付分）
6. メール配信への変更

変更連絡先：東京大学物性研究所共同利用係

〒277-8581 柏市柏の葉 5-1-5

メール：issp-kyodo@issp.u-tokyo.ac.jp