物性研だより

BUSSEIKEN DAYORI

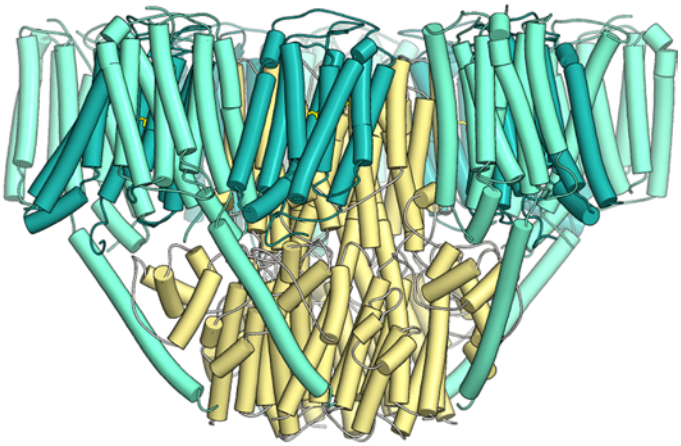
第 62 巻
第 3 号
2022 年度

「引っ張ると頑丈になる高強度ゲル」をより簡便に作る

らせん状のキラル分子は熱で磁石になる
–温めると磁化が大きくなる磁石を発見–

防汚・抗菌効果によりプラスチック代替紙素材を保護する
超越コーティング

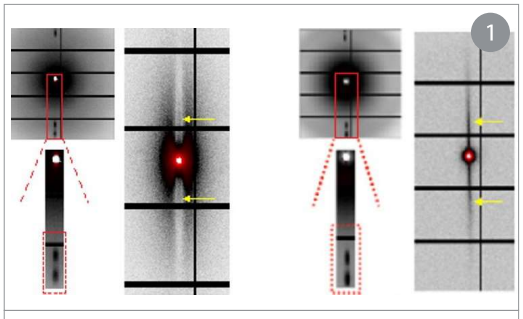
世界初「光で駆動する巨大イオンチャネルタンパク質」を
藻類から発見

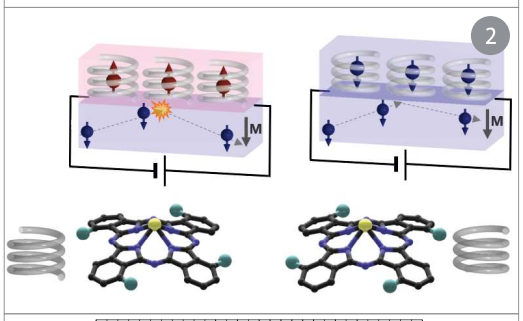


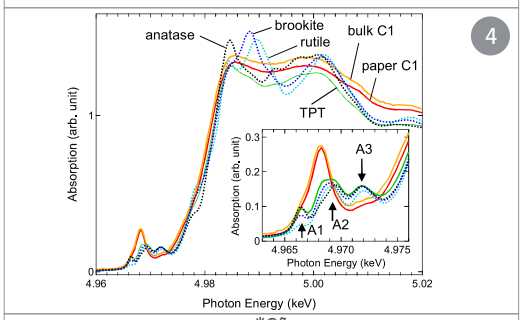
東京大学 物性研究所
THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS
THE UNIVERSITY OF TOKYO
Copyright ©2022 Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo. All rights Reserved.
ISSN 0385-9843

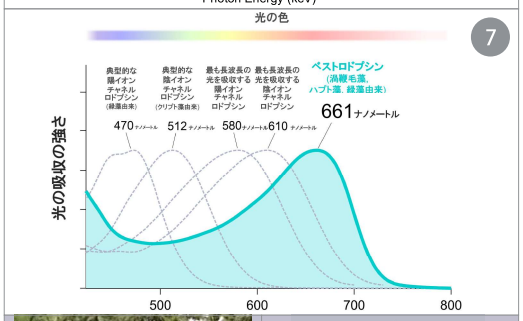
第 62 巻
第 3 号
2022 年度

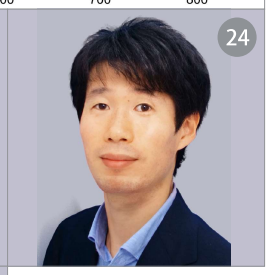
contents

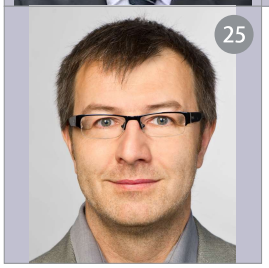












1 「引っ張ると頑丈になる高強度ゲル」をより簡便に作る　眞弓 皓一

2 らせん状のキラル分子は熱で磁石になる
ー温めると磁化が大きくなる磁石を発見ー　近藤 浩太、大谷 義近

4 防汚・抗菌効果によりプラスチック代替紙素材を保護する超越コーティング
廣井 善二、浜根 大輔、柴山 充弘

7 世界初「光で駆動する巨大イオンチャネルタンパク質」を藻類から発見
井上 圭一、永田 崇、今野 雅恵

11 ISSP Young Scientist Medal　Mingran Xu

13 日本物理学会の若手奨励賞を受賞して　鈴木 剛

14 日本物理学会若手奨励賞を受賞して　神田 夏輝

16 文部科学大臣表彰　若手科学者賞を受賞して　眞弓 皓一

18 日本物理学会学生優秀発表賞（領域 9）及び
NanospecFY2021miniショートプレゼンテーション学生賞金賞を受賞して　尾崎 文彦

20 日本物理学会学生優秀発表賞を受賞して　柴田 桂成

22 物性研に着任して　岡本 佳比古
24　井手上 敏也

25 外国人客員所員を経験して　Matthias Batzill

【研究会報告】
27 ○物性研究所スパコン共同利用・CCMS 合同研究会「計算物質科学の新展開」
【ISSP ワークショップ】
30 ○「1000 テスラ超強磁場科学の開拓」 開催報告
34 第 67 回物性若手夏の学校開催報告　井原 悠雅
39 【物性研究所談話会】
41 【物性研究所セミナー】
【物性研ニュース】
52 ○東京大学物性研究所人事異動一覧
53 ○東京大学物性研究所 特任専門職員（特定有期雇用教職員）募集要項
55 ○東京大学物性研究所教員公募について
編集後記
物性研だよりの購読について

「引っ張ると頑丈になる高強度ゲル」をより簡便に作る

中性子科学研究施設　　眞弓 皓一

溶媒を水とするハイドロゲルは、高い生体適合性を有していることから、人体に埋め込む生体材料への応用が期待されながらも、脆弱な力学強度が問題となっていました。我々は、環動ゲルと呼ばれる環状分子で高分子鎖が架橋されたハイドロゲルにおいて、適切に構造を制御すると、ゲルを引っ張ることで高分子鎖が結晶化(伸長誘起結晶化)する現象を発見しました [1]。環動ゲルを伸長すると、ゲル内部の高分子鎖が均一に引き延ばされて結晶化することで、高分子鎖の破断を免れることができます(自己補強効果)。また、一度形成された結晶は、力を取り除くことで即座に消失することから、繰り返し変形下においても高い即時復元性を示します。溶媒を含む高分子ゲルにおいて可逆な伸長誘起結晶化が発見されたのは初めてでした。自己補強ゲルは、繰り返し大きな負荷がかかっても一定の力学応答を示すという特性から、人工靭帯・関節などの人工運動器への応用が期待されています。本研究成果は、2021 年に Science 誌に掲載いただき、プレスリリースでメディアにも取り上げていただきました。

伸長誘起結晶化という新しい強靭化メカニズムによって高分子ゲルは極めて優れた力学物性を発現させることができることが分かりましたが、より広範な応用展開を実現する上では、分子構造をより単純にし、作製プロセスを簡便化することも重要となります。環動ゲルを作製するには、まず高分子鎖が環状分子を貫いたネックレス状の超分子であるポリロタキサンを合成し、さらにポリロタキサンの環状分子同士を連結させる、といった 2 段階のプロセスが必要です。上記の研究で用いたポリエチレングリコール(PEG)とシクロデキストリンからなるポリロタキサンについては、効率的な合成方法が確立されつつありますが、PEG 以外の高分子鎖を用いたポリロタキサンの大量合成は実現されていません。伸長誘起結晶化という現象は、PEG 以外の様々な高分子鎖で起こりうると考えられ、本コンセプトを様々な材料に展開する上では、ポリロタキサン合成を必要としない自己補強ゲルの作製手法を見出すことは重要です。

環動ゲルの伸長誘起結晶化の研究を行っていた際に、東京大学大学院工学系研究科 バイオエンジニアリング専攻の酒井崇匡先生から興味深いお話を伺いました。酒井先生は、4 分岐 PEG マクロマーを水中で末端架橋することで Tetra-PEG ゲルと呼ばれる均一性の高いハイドロゲルを開発されています。酒井先生の研究室で、3 分岐 PEG マクロマーを末端架橋したハイドロゲルを作製したところ、優れた伸長性を示すということでした。私達が研究している環動ゲルもネットワークの骨格は PEG ですので、3 分岐 PEG ゲルでも、もしかすると伸長誘起結晶化が起こっているのではないか、と予想しました。SPring-8 にて伸長下における X 線散乱測定を行ったところ、3 分岐 PEG ゲルでも、環動ゲルと同様、引っ張ることで PEG 鎖が配向し、結晶化していることを見出しました(図 1) [2]。今後、高分子鎖のみからなる高分子ゲルにおいて、どういった構造・条件で伸長誘起結晶化が発現するのかを明らかにし、自己補強ゲルの分子設計指針を確立していければと考えています。

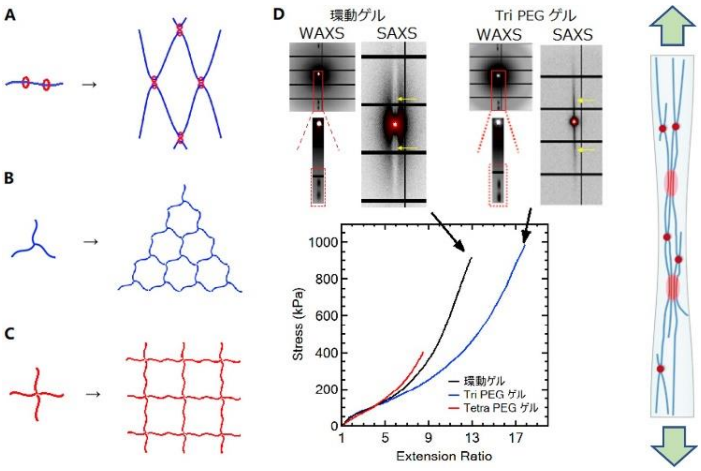


図 1. (A)環動ゲル、(B)Tri PEG ゲル、(C)Tetra PEG ゲルの模式図、(D)環動ゲルと Tri PEG ゲルの伸長結晶化。

参考文献

[1] C. Liu, N. Morimoto, L. Jiang, S. Kawahara, T. Noritomi, H. Yokoyama, K. Mayumi, K. Ito, Science 372, 1078 (2021).

[2] T. Fujiyabu, N. Sakumichi, T. Katashima, C. Liu, K. Mayumi, U. I. Chung, T. Sakai, Science advances, 8, eabk0010 (2022).

らせん状のキラル分子は熱で磁石になる
－温めると磁化が大きくなる磁石を発見－

理化学研究所　量子ナノ磁性研究チーム　　近藤 浩太
物性研究所　ナノスケール物性研究部門　　大谷 義近

はじめに

分子のキラリティは、有機物質においてスピン機能を発現させる際、最も重要なパラメーターである。実際、今から約 20 年前にキラル分子にスピン偏極電流を流すと、分子キラリティに依存した電気伝導特性が報告された[1]。これにより、分子のキラリティと伝導電子のスピンの間に相互作用が存在することが指摘された。そして、この性質は、キラル分子における「キラリティ誘起スピン選択性: Chirality induced spin selectivity(CISS)」と呼ばれている。非常に興味深いことに、この性質を用いると、キラル分子中を流れた電流は鉄などの磁石中を流れる電流を凌駕するほど高いスピン偏極度(> 80%) [2]を持つことが報告されており、幅広い研究分野におけるスピン制御の基本原理になりうる現象として、現在も世界中で盛んに研究されている。

一方、最近になって、キラル分子に電流が流れていない状況でも、キラル分子が磁石のように働くことを示唆する実験結果がいくつか報告されている。例えば、キラル分子が強磁性薄膜に吸着するだけで、電流や磁場を用いずに、強磁性薄膜の反転磁場の変調や磁化反転が報告されている[3, 4]。これらの実験結果は、従来の電流が流れることによるスピン偏極効果だけでは、十分に説明できないことから、キラル分子においてスピン機能が新たなメカニズムによって発現する可能性を示唆しており注目を集めている。

1.　研究方法および結果[5]

そこで、この起源を解明するために、スピントロニクス分野でよく知られている強磁性金属/非磁性金属/強磁性金属の多層膜構造で発現する「巨大磁気抵抗効果」に着想を得た実験を考案した。金属をベースとした巨大磁気抵抗効果では、磁化が平行配置か反平行配置かで試料の電気抵抗が変化する(図 1a)。先行研究で示唆されているように、もしキラル分子が磁石のように働くのであれば、強磁性体の代わりに、キラル分子を用いた多層膜(キラル分子/強磁性金属二層膜　図 1b)においても、磁気抵抗効果の発現が期待される。また、このデバイスの電気抵抗測定に用いたプローブ電流は、電気抵抗の低い強磁性金属層だけに流れ、

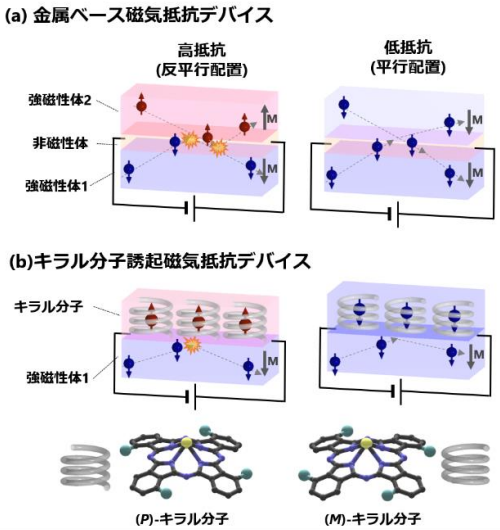


図 1 | 金属ベース磁気抵抗デバイスとキラル分子誘起磁気抵抗デバイス (a) 磁化(*M*)が反平行配置の場合(左)、平行配置(右)よりも試料の電気抵抗が高くなる (b) キラル分子の中にスピン偏極が生成した場合、磁場により試料抵抗が変化する磁気抵抗効果が発現する

キラル分子には流れていない状態で磁気抵抗効果を評価することができる。

実験では、強磁性金属薄膜(ニッケル：Ni)/(*P*, *M*)-キラル分子の二層膜構造を作製し、室温で電気抵抗の磁場強度依存性を詳細に調べた。*P* と *M* は分子キラリティを表しており、*P* (Plus)と *M* (Minus)はそれぞれ右巻きと左巻きに対応している(図 1b)。

これらの試料の磁気抵抗効果を室温で測定した結果を図 2 に示す。まず、キラル分子がない場合の参照試料(図 2(b))において磁気抵抗効果を測定した。外部磁場を薄膜に対して面直方向に印加すると、磁性層の磁化が面内から面直に変化する。その結果、強磁性体の異方性磁気抵抗効果によって試料抵抗が減少する。最大印加磁場±0.8 テスラ(T)では、それぞれ上向きと下向きの磁化方向を取り、電流と磁化のなす角度がともに直交しているため試料の電気抵抗は同じ値を取る。しかし、(*P*)-キラル分子/Ni 試料(図 2a)では、磁場が正の場合(+0.8 T)には、負の場合(-0.8 T)比べて試料抵抗が減少することが分かった。一方、(*M*)-キラル分子/Ni 試料(図 2c)では、逆の傾向を示すこと

が分かった。これはまさに分子のキラリティを反映した磁気抵抗効果と言える。このようなキラル分子由来の磁気抵抗効果の発現は、キラル分子が磁石として働いていることを意味している。そして、今回の実験では、キラル分子に電流が流れていないことから、キラル分子は電流印加がなくても磁石になる(スピン偏極する)ことを明確に示している。

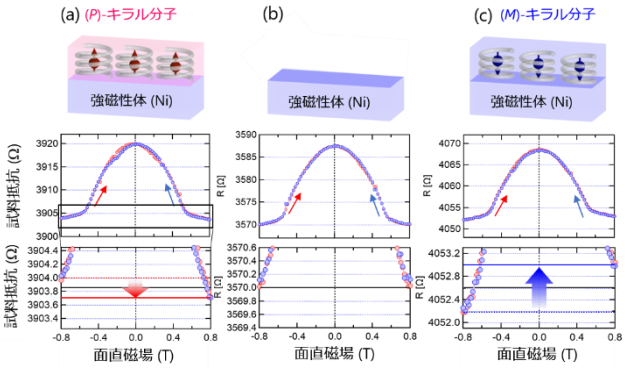


図 2| 分子キラリティに依存した磁気抵抗効果
(a) (*P*)-キラル分子/強磁性体(Ni)薄膜　(b) 強磁性体(Ni)薄膜（参照試料）(c) (*M*)-キラル分子/強磁性体(Ni)薄膜

次に、このキラル分子による磁気抵抗効果の起源を調べるために、デバイス温度依存性を調べた(図 3)。その結果、磁気抵抗効果は 50 K(約-223℃)からデバイスを温めるほど大きくなることが分かった(図 3c)。これは、一般的な鉄などの磁石とは異なり、キラル分子が熱によって磁化が大きくなる磁石であることを示している。

このような温めるほど磁気抵抗効果が大きくなる結果は、熱によって金属から分子への電荷移動(ホッピング)が増加することで、キラル分子内のスピン偏極が増大していると推察される。金属からキラル分子に移動した電子はスピン偏極(例えば上向き)する。逆にキラル分子から金属にもどる場合も逆向きにスピン偏極(下向き)するが、分子内と金属内ではスピン緩和時間が大きく異なる(分子>>金属)ために、キラル分子内においてスピン偏極が残る(発現する)ことで、磁気抵抗効果が観測された可能性が考えられる。

2．まとめと将来展望

これまで、キラル分子におけるスピン機能は、分子に電流を流すことで研究されてきた。しかし、本研究では、キラル分子に電流を流さなくても、金属と触れさせるだけで、キラル分子が本質的に磁石としての性質が発現することを見出した。このキラル分子におけるスピン機能の発現に関する新たな知見は、キラル分子科学およびスピントロニクスにおける基礎として重要であるだけでなく、今後、幅広

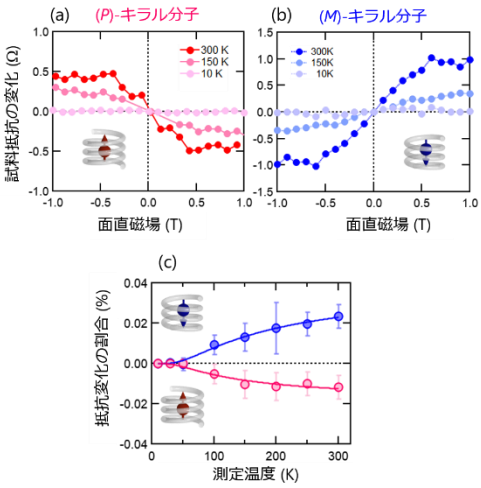


図 3| キラル分子誘起磁気抵抗効果の温度依存性
(a)(*P*)-キラル分子/Ni 薄膜 (b)(*M*)-キラル分子/Ni 薄膜
(c) 抵抗変化の割合の温度依存性

い研究分野において、この新機能を用いた新たな分子スデバイスが設計されるものと期待できる。

謝辞

本研究成果は、東京大学　物性研究所 志賀雅亘 特任研究員(現 九州大学　助教)、坂本祥哉 助教、三輪真嗣 准教授、理化学研究所　宮島大吾ユニットリーダー、荒岡史人チームリーダー　東京大学　附属スピントロニクス学術連携研究教育センター 小林正起　准教授 との共同研究によるものです。本研究は、文部科学省科学研究費助成事業(18H03880, 19H02586)の一環として行われた。

[1] K. Ray, S. P. Ananthavel, D. H. Waldeck, & R. Naaman, Science **283**, 814 (1999).

[2] C. Kulkarni, A. K. Mondal, T. K. Das, G. Grinbom, F. Tassinari, M. F. J. Mabesoone, E. W. Meijer & R. Naaman, Adv. Mater. **32** e1904965 (2020).

[3] O. Ben Dor, S. Yochelis, A. Radko, K. Vankayala, E. Capua, A. Capua, S.-H. Yang, L. T. Baczewski, S. S. P. Parkin, R. Naaman & Y. Paltiel., Nat Communications **8**, 14567 (2017).

[4] S. Miwa, K. Kondou, S. Sakamoto, A. Nihonyanagi, F. Araoka, Y. Otani & D. Miyajima, Applied Physics Express **13,** 113001 (2020).

[5] K. Kondou, M. Shiga, S. Sakamoto, H. Inuzuka, A. Nihonyanagi, F. Araoka, M. Kobayashi, S. Miwa, D. Miyajima & Y. Otani, J. Am. Chem. Soc. **144**, 7302−7307 (2022).

防汚・抗菌効果によりプラスチック代替紙素材を保護する超越コーティング

物性研究所物質設計評価施設　廣井 善二
電子顕微鏡室　浜根 大輔
総合科学研究機構中性子科学センター長　柴山 充弘

脱プラスチック技術の開発は、環境破壊を抑制してサステナブルな社会を実現するために必要不可欠な課題となっている。しかしながら、プラスチックは適度な強度と化学的安定性を有するのに加えて安価で加工しやすいなどの優れた材料特性を持つため、これを置き換える新たな材料を見出すことは容易ではない。われわれは自然素材であり環境にやさしい紙素材に着目し、紙をプラスチックの代替品として利用するための超越コーティング技術を開発した。その最初の成果については、2021 年 1 月に出版された論文「Modern Alchemy: Making “Plastics” from Paper」[1]、および、2020 年 12 月のプレスリリース[2]、2021 年 4 月の物性研だより[3]をご覧頂きたい。また、関連する情報は廣井研ホームページにまとめてある[4]。

超越コーティング技術では、紙をメチルトリメトキシシランなどのアルコキシシランを主成分とする中性の液剤に浸す、または紙に刷毛で液剤を塗布した後に、室温で乾燥させるだけの簡便な方法により、紙を構成する数十 μm 径のセルロースファイバーの表面に厚さ数 μm のシリカ樹脂層が形成される。Si–O–Si の強固なシロキサン結合を骨格とする膜は無色透明であり、紙を補強するが柔軟性を保って紙の風合いを損なわない。ポーラスな膜の空隙に残されたメチル基などのアルキル基は紙に適度な耐水性を付与する。例えば、コーティングされた紙ストローは水に強くなり[1]、折り鶴は 2 週間以上水に浸けても元の姿を保つ(図 1)。さらにコーティング膜は、セルロース表面に存在する水酸基との反応によりシロキサン結合を形成して強固に固定されるため、紙から剥離しにくい。

2022 年 5 月、超越コーティングに関するわれわれの研究の最近の進展を報告する論文「Photocatalytic Silica–Resin Coating for Environmental Protection of Paper as a Plastic Substitute」が出版され[5]、プレスリリースされた[6]。本論文は超越化研株式会社の岩宮陽子氏を筆頭に、総合科学研究機構(CROSS)の阿久津和宏、有馬寛の各氏と、本原稿の 3 名の共著である。その成果は国内では日経新聞に、国外では世界各国の 20 のニュースサイトに掲載されて大きな反響を呼んだ[4]。本稿ではその第二論文の内容を簡単に紹介させて頂く。

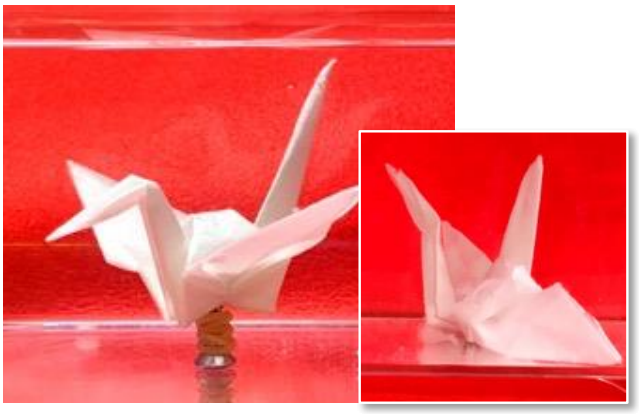


図 1　水槽中の超越コーティングされた折り鶴(左)と未コートの折り鶴(右)

シリカ樹脂膜の形成にはコーティング液剤に数%程度添加された少量のテトライソプロポキシドチタン([$(CH_3)_2CHO]_4Ti$: TPT)が重要な働きをすると考えられている[1]。膜形成機構は基本的にはゾルゲル法と同じものであり、アルコキシシランの加水分解、重合反応によるシロキサン結合の形成にあるが、特徴的なのは通常必要とされる多量の水や酸、塩基触媒を用いずに反応が進行することにある。もちろん多量の水が必要とされるならば、紙は吸水してすぐに崩壊してしまうためコーティングは困難となる。アルコキシランより加水分解しやすい TPT が空気中や紙に含まれる僅かな水分を取り込んで反応の引き金となり、アルコキシシランの加水分解、重合反応が促進され、シリカ樹脂膜が形成されると考えられている。一方、この反応過程で消費された TPT から生じたチタンはシリカネットワークに均一に取り込まれるか、酸化チタンとして膜中に析出すると予想されるが、その実験的証拠は得られていなかった。もし膜中に酸化チタンの多形の一つであるアナターゼ型が存在するならば光触媒効果が期待され、本コーティングが新たな機能性を持つことが予想された。

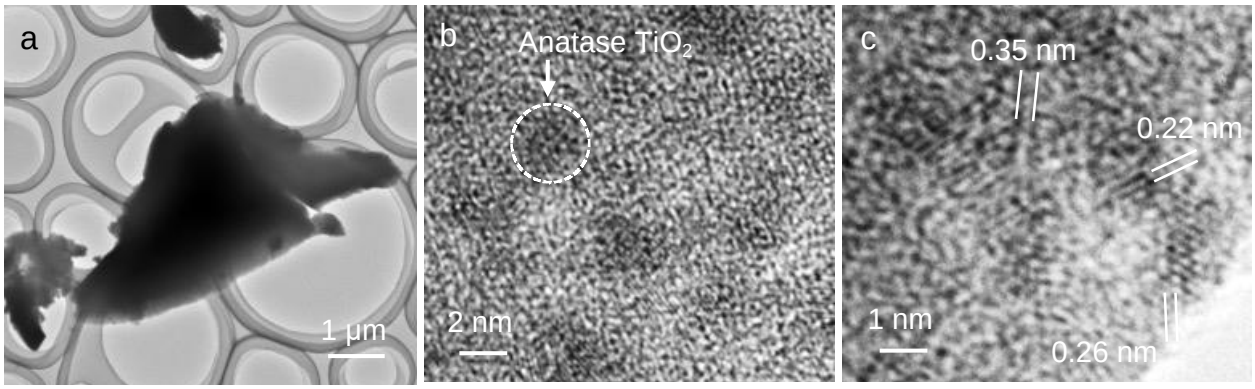


図 2 コーティング液剤の固化体破砕片(a)の透過型電子顕微鏡写真。シリカ樹脂の粒状のアモルファスコントラスト中に約 2 nm 径のアナターゼ酸化チタンナノ粒子が見られる(b, c)。

図 2 は液剤の固化体を砕いて得た試料の透過型電子顕微鏡写真である。破砕粒子(図 2a)の端の薄い部分を拡大すると(図 2b)、マトリックスのシリカ樹脂による粒状のアモルファスコントラストが見られ、そこに直径約 2 nm のナノ粒子が均一に分散している様子が見てとれる。ナノ粒子の高分解能像(図 2c)には特徴的な格子縞が見られ、その間隔からアナターゼ型酸化チタンであることが示唆される。粉末 X 線回折パターンにはナノ粒子からの弱くブロードな回折強度がアナターゼのメインピーク位置に観測された。

アナターゼ酸化チタンナノ粒子の存在を明確に示す実験的証拠は、図 3 の X 線吸収端近傍スペクトル(XANES)実験から得られた。チタン K 吸収端の XANES スペクトルは、酸化チタンの 3 種類の多形であるルチル、アナターゼ、ブルッカイトのスペクトルと比較して、ブロードではあるがアナターゼに最も近いスペクトルを示す。さらに、吸収端より低エネルギーのプリエッジ領域には、どの多形にも見られる 3 本のピーク(A1, A2, A3)の代わりに 4.968 keV を中心とする 1 本の強いピークが観測される。このスペクトルは非常に乱れた構造を持つアナターゼナノ粒子に対して過去に報告されたものと類似する。以上の結果から、液剤中の TPT は膜形成過程において乱れた構造を持つアナターゼ酸化チタンに変化して 2nm 径のナノ粒子として析出し、シリカ樹脂膜全体に均一に分散していることが分かった。

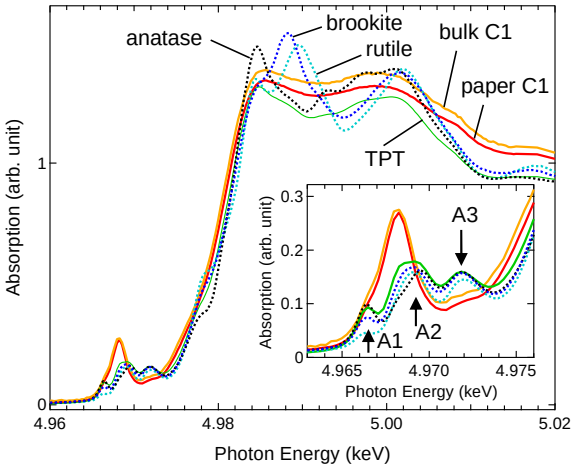


図 3 超越コーティングされた濾紙(paper C1)と液剤を固化したバルク試料(bulk C1)のチタン K 吸収端の XANES スペクトル。参照として、酸化チタンの 3 つの多形であるアナターゼ、ブルッカイト、ルチル、および TPT のみから得た試料(TPT)のスペクトルを示す。

コーティング膜中に存在するアナターゼ酸化チタンナノ粒子の光触媒特性を評価するために、メチレンブルー水溶液の脱色実験、およびバクテリアの滅菌実験を行った。超越コートされたガラス基板をメチレンブルー水溶液に浸すと、メチレンブルー濃度は図 4a のように時間と共に減少し、特に紫外線照射下の明条件では 48 時間後に 1.6%にまで減少した。暗条件で見られる減少はポーラスな膜への吸着によるものであり、明条件での付加的な減少が光触媒効果によると思われる。一方、図 4b のように、超越コーティングされた濾紙上に滴下された黄色ブドウ球菌数は、8 時間後に暗所では約 1 桁、明所では 2 桁以上も減少した。よって明確な光触媒効果があり、これは膜中のアナターゼ酸化チタンナノ粒子によるものと考えられる。しかしながら、これらの効果は一般の光触媒材料の特性と比べてかなり弱い。その原因の一つは膜中の酸化チタンの絶対量が少ないことにあり、防汚・抗菌効果の増強にはコーティング液中の TPT 含有量を増やせばよい。

実際の応用においては、しかしながら、強すぎる光触媒効果が好ましくない場合も多い。例えば一般に利用されている光触媒材料では、基材自身や酸化チタン粒子を基材

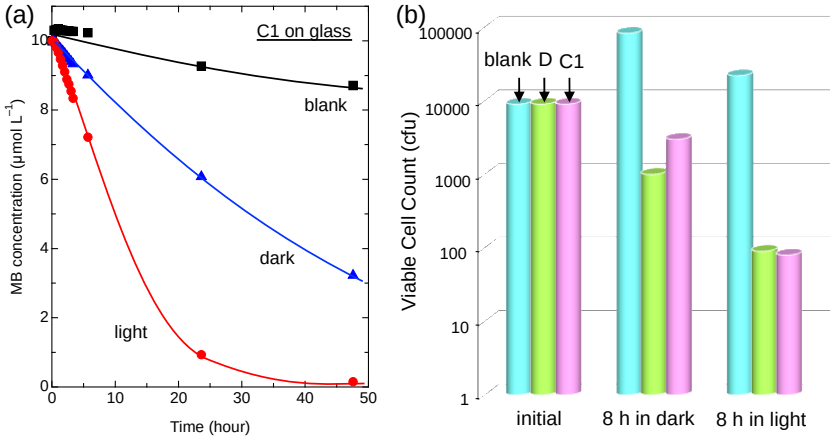


図 4　光触媒効果。メチレンブルー水溶液の濃度(a)と黄色ブドウ球菌コロニー数(b)の時間変化。試料は超越コーティング有り(C1, D)、無し(blank)のガラス基板(a)と濾紙(b)である。「light」は 1 mW cm^{-2} の紫外線照射下における明条件での観察を、「dark」は暗条件を意味する。「blank」も明条件での観察である。(b)の D と C1 はアルコキシシラン成分の異なる液剤を用いた試料である。

に固定するための接着剤が光触媒効果により劣化することがしばしば問題となり、コーティング層が失われて光触媒機能が減衰する。プラスチックを代替するために紙素材を持続的で安定に保護するという観点からは、マイルドな光触媒効果はむしろ有用である。さらに本コーティングでは膜形成過程で自発的にアナターゼ粒子が生成し、それが化学的に極めて安定なシリカネットワークに保持されていることも応用上重要であろう。結果として基材の劣化や酸化チタンの剥離は抑制され、長期間に渡って基材を保護することになる。

以上のようにわれわれの開発した超越コーティング技術は、紙を構成するセルロースファイバー表面に数 μm の薄くポーラスなシリカ樹脂膜を形成し、そこに分散性よく発現した 2nm のアナターゼ酸化チタンナノ粒子は、ポーラスな構造による吸着力に助けられて有機物やバクテリアを有効的に分解することができる。この防汚・抗菌効果を活用すれば、低い耐水性や強度不足などの紙の弱点を克服するとともに、長期間に渡って汚れにくい紙製品を作ることが可能となる。得られたコーティング紙は自然環境下で無害な物質に分解するため、環境に優しい、廃棄可能なプラスチックの代替品となるだろう。これにより、われわれの目標である paper-saves-the-earth-project[4]は一歩前進したと言える。本論文の出版後、特にプラスティック包装やカトラリーの使用規制が進む欧州の多くの企業から問合せがあり、共同研究者の岩宮氏らは様々な応用に向けて精力的に取り組んでいる。超越技術が今後益々発展し、多くの分野で応用されて地球環境問題の解決に貢献し、社会の役に立っていくことを願っている。

[1] Y. Iwamiya, M. Kawai, D. Nishio-Hamane, M. Shibayama and Z. Hiroi, Ind. Eng. Chem. Res. **60**, 355 (2021); https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.iecr.0c05173

[2] https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/news2.html?pid=12021

[3] https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/docs/tayori61-1.pdf

[4] https://hiroi.issp.u-tokyo.ac.jp/saito/Our_topics/entori/2021/3/12_kamiha_de_qiuwo_jiuupurojekutoPaper-saves-the-earth_project.html

[5] Y. Iwamiya, D. Nishio-Hamane, K. Akutsu-Suyama, H. Arima-Osonoi, M. Shibayama and Z. Hiroi, Ind. Eng. Chem. Res. **61**, 6967 (2022); https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.iecr.2c00784

[6] https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/news2.html?pid=15613

世界初「光で駆動する巨大イオンチャネルタンパク質」を藻類から発見

物性研究所・機能物性研究グループ　　井上 圭一、永田 崇、今野 雅恵

研究の背景

動物の視覚や植物の光合成など、生物はさまざまな方法でその生存に光のエネルギーを用いていることが古くから知られています。これらを可能としているのが、それぞれの生物種が持つ、光を吸収し、そのエネルギーを生理機能の駆動力として変換する役割を持つ光受容タンパク質と呼ばれる特殊なタンパク質のグループです。動物の視覚の場合はロドプシンと呼ばれるタンパク質が、植物の光合成の場合は光化学系と呼ばれるタンパク質が中心的な役割を果たすことが知られています。

一方で、個々の生物には数千～数万種類のタンパク質が存在すると考えられており、いまだその多くの役割は明らかとされていないことから、その中に既知のものとは異なる光受容タンパク質が存在し、生命がこれまで知られていなかった光の利用形態を持つのかどうかは不明でした。

研究の内容と成果

今回、本研究グループは近年解読された海洋などに棲む藻類のゲノム中の遺伝子配列に注目し、その中から動物から微生物までの幅広い生物が持ち、光を感知する機能を持つ「ロドプシン」(注 1)と、細胞の中でイオンを輸送する役割を持つ「ベストロフィン」(注 2)の二つのタンパク質が融合した、全く新しいタンパク質が広汎な種類の藻類に存在することを見出しました。このタンパク質は新たに「ベストロドプシン」と名付けられました。

まず、本タンパク質を高純度で精製し、その構造を最新の構造解析手法であるクライオ電子顕微鏡(注 3)を用いて調べました。その結果、ベストロドプシンは、1～2 個のロドプシン部分にベストロフィン部分が連なった構造を持ち、さらにベストロフィン部分同士が 5 つ集まることで、細胞を構成する脂質二重膜内で巨大複合体を形成するタンパク質であることが分かりました(図 1)。この複合体の中央には脂質二重膜を貫通するチャネルと呼ばれる穴が空いており、このチャネルを通ってイオンが輸送されると考えられました。

次に、研究グループは実際にベストロドプシンがイオンを輸送するのか、人工的に培養したホ乳類の細胞へ、遺伝子操作によってベストロドプシンの遺伝子を導入し、そのはたらきを調べました。その結果、ベストロドプシンに光を当てると、ロドプシン部分が光のエネルギーを吸収し、それに伴ってベストロフィン部分中央のチャネルが広がり、塩素イオンなど陰イオンの流入が起こることが示されました。これにより、ベストロドプシンは太陽光を用いて巨大なチャネルの開閉を制御することで、藻類の細胞内のイオンの分布を変える、全く新しいタイプの分子であることが明らかとされました。

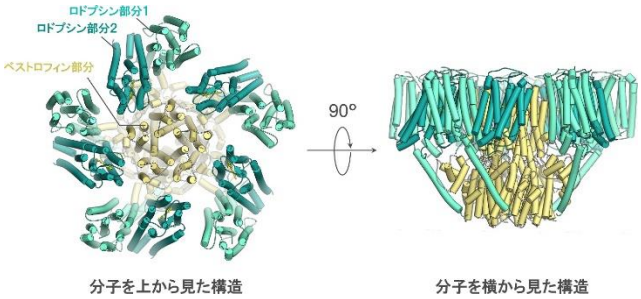


図 1：クライオ電子顕微鏡によって明らかにされたベストロドプシンの構造。二つのロドプシン部分を薄い緑色と濃い緑色で、ベストロフィン部分を黄色で示す。同一のロドプシン分子が 5 個星形に配置することで、中央部にマイナスの電荷を持つイオンが透過する巨大なチャネルが形成されている。

これまで光エネルギーを使うことで、チャネルを通してイオンを輸送する微生物のロドプシンは数多く知られており、チャネルロドプシンと呼ばれています。しかし、チャネルロドプシンは単一のロドプシン分子からなり、その中のチャネルの径はそれほど大きなものではありませんでした。今回発見されたベストロドプシンの持つチャネルの径は、チャネルロドプシンのものよりも遙かに大きく、より大量のイオン輸送が可能であると考えられています。

また近年、チャネルロドプシンを動物の脳などの神経細胞に発現させ、光で神経の活動を制御する光遺伝学(オプトジェネティクス)(注 4)と呼ばれる技術が、神経科学分野や、神経疾患治療の分野などで大きな注目を集めています。しかし、生体組織は多くのチャネルロドプシンが利用する波長の短い可視光を強く散乱してしまうことから、生体深部へその様な光を届けることが難しく、光遺伝学による疾患治療などの実用化に向け大きな障害となっていまし

た。これに対し、ベストロドプシンは 661 nm と、どのチャネルロドプシンよりも長い波長の光を使ってはたらくため、これまで不可能であった体深部の組織中の神経活動の操作や、疾患治療を可能にすると期待されます(図 2)。

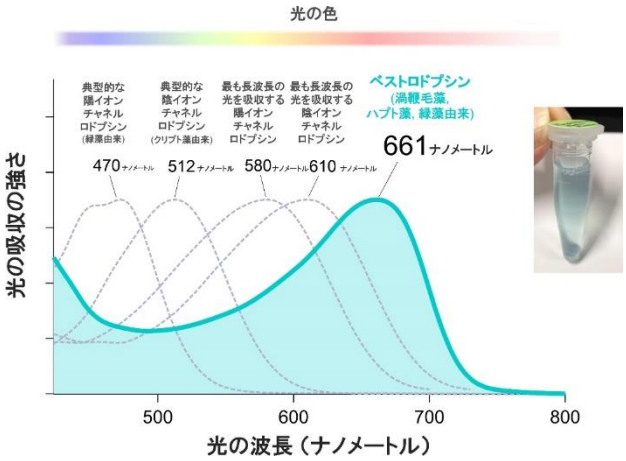


図 2：従来のチャネルロドプシンとベストロドプシンが吸収する光の波長の比較。写真は精製されたベストロドプシンタンパク質の水溶液。

さらに研究グループはどの様にしてロドプシン部分が光を吸収し、イオンチャネルの開閉を制御しているのかその分子メカニズムについても研究を行いました。タンパク質は通常、可視光のエネルギーを利用することができませんが、ロドプシンの場合レチナール(注 5)と呼ばれる色素分子が結合しており、このレチナールによって可視光のエネルギーを自身に取り込み、生理機能の発現に用いることが可能となります。研究グループはレーザーや赤外分光を用いて、ベストロドプシンのレチナールが光を吸収するとどの様な変化が分子に表れるかを調べました。その結果、光がレチナールに吸収されると、まっすぐ伸びた形をしていたレチナールの構造が、折れ曲がった構造へと変化することが明らかになりました。同様のレチナールの構造の変化は、既知の動物や微生物のロドプシンでも起こることが知られていましたが、折れ曲がり方がそれぞれ異なります。これに対し、ベストロドプシンは微生物が持つ分子でありながら、光を吸収したレチナールが示す折れ曲がり方は動物型のロドプシンと同じものであることが明らかとなりました(図 3)。ここからベストロドプシンは、一万種以上が知られている微生物のロドプシンの中でも、初めての動物型に似た性質を持つ分子であり、藻類の中で独自の進化を遂げた分子であることが示唆されます。

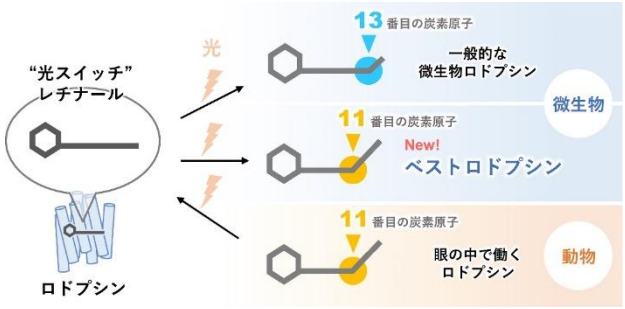


図 3：光によるレチナールの構造変化の比較。ベストロドプシンは微生物が持つロドプシンの仲間でありながら、動物のロドプシンと同じ箇所(11 位の炭素原子)でレチナールが折り曲がる。

また、すべてのロドプシンは−200 ℃に冷やしても、光でレチナールが曲がることが知られていましたが、ベストロドプシンは−100 ℃以上にしないと光で反応しないというという不思議な性質を持つことが分かりました。赤外分光解析の結果からは、タンパク質内部のアミノ酸残基に由来するプロトン化したカルボン酸の水素結合変化や主鎖の骨格構造の変化が明らかとなりました。

以上の結果から、レチナールが折れ曲がる反応の後、ロドプシン部分全体の構造が変わり、それがベストロフィン部分へ伝わることで、複合体中央のチャネルが開くことが分かり、ベストロドプシンが光でイオンの透過を制御する分子メカニズムが明らかとなりました(図 4)。

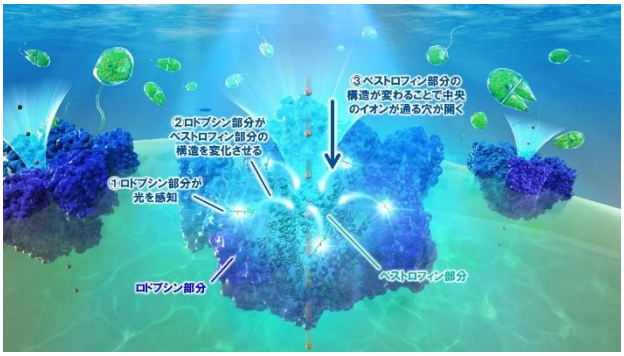


図 4：ベストロドプシンがイオンを透過する分子メカニズム。

今後の展望

今回の研究により、さまざまな藻類が太陽光とベストロドプシンを用いて、細胞内のイオン濃度を自在に制御していることが明らかとなりました。藻類のゲノムデータからは約 20 種類以上のベストロドプシンが見付かった一方で、本研究でその分子的な性質が調べられたのはわずか数種類であり、今後はより多様な性質を持つベストロドプシンが

見付かる可能性が期待されます。特に藻類は棲息する環境によって、異なった色の光が太陽から届くことから、今回のものとは異なった色の光ではたらくベストロドプシンを持つことで、生息場所や藻類の種類ごとに多様な光を利用できる様になると考えられ、今後はそれを明らかにする研究が行われる予定です。また陰イオン以外の輸送が可能なベストロドプシンが見付かる可能性もあります。そして、ベストロドプシンによる光依存的なイオン調節が、藻類の生存にどの様に役立つのか、その生理学的な役割を明らかにするための研究も今後行われると期待されます。

一方で、ベストロドプシンは従来のチャネルロドプシンにはない大口径のチャネルと、脳などの生体組織によって散乱されることなく、体の奥深くまで届けることができる長波長の光を利用できる性質を持つことから、光で鬱病やてんかんなど脳神経が関わる疾患の発生原因の研究やそれらの治療法の開発が期待されている光遺伝学分野への応用、視覚再生医療や光による心疾患治療のための新たな分子ツールとしての利用が期待されます。

謝辞

本研究は、名古屋工業大学・神取 秀樹教授、古谷 祐詞准教授、片山 耕大助教、香川大学・藤原 祐一郎教授、川鍋 陽講師、イスラエル工科大学・Oded Béjà 教授、ワイツマン研究所・Moran Shalev-Benami 博士、Igor Schapiro 博士、Mordechai Sheves 教授、Ofer Yizhar 教授、フンボルト大学・Peter Hegemann 教授らとの共同研究として行われました。文部科学省日本学術振興会(JSPS)科学研究費助成事業(学術変革領域研究(B)「低エネルギー操作」における「超音波・磁場感受性レシーバ分子開発と筋組織形成促進技術への応用(研究代表者：井上圭一、課題番号：JP20H05758)」、特別推進研究「光遺伝学を支えるロドプシンの作動メカニズムの解明(研究代表者：神取 秀樹、課題番号： JP21H04969)」、新学術領域研究「高速分子動画」における「時間分解構造解析を補完する精密顕微分光計測(研究代表者：久保 稔、研究分担者：古谷 祐詞、課題番号：JP19H05784)」)、および科学技術振興機構(JST) 戦略的創造研究推進事業(CREST「光の特性を活用した生命機能の時空間制御技術の開発と応用(研究総括：影山 龍一郎)」における「細胞内二次メッセンジャーの光操作開発と応用(研究代表者：神取 秀樹、課題番号：JPMJCR1753)」、CREST「新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする次世代フォトニクスの基盤技術(研究総括：北山 研一)」における「超短赤外パルス光源を用いた顕微イメージング装置の開発と生命科学への応用(研究代表者：藤 貴夫、研究分担者：古谷 祐詞、課題番号：JPMJCR17N5)」、さきがけ「生命機能メカニズム解明のための光操作技術(研究総括：七田 芳則)」における「光 OFF 型オプシンによる高感度かつ自然な視覚再生(研究代表者：永田 崇、課題番号：JPMJPR1888)」)、さきがけ「量子技術を適用した生命科学基盤の創出(研究総括：瀬藤 光利)」における「構造基盤に立脚した色認識機構および色覚情報伝達機構の解明(研究代表者：片山 耕大、課題番号：JPMJPR19G4)」)による支援を受けて行われました。

掲載論文： A. Rozenberg‡, I. Kaczmarczyk‡, D. Matzov‡, J. Vierock‡, T. Nagata, M. Sugiura, K. Katayama, Y. Kawasaki, M. Konno, Y. Nagasaka, M. Aoyama, I. Das, E. Pahima, J. Church, S. Adam, V. A. Borin, A. Chazan, S. Augustin, J. Wietek, J. Dine, Y. Peleg, A. Kawanabe, Y. Fujiwara, O. Yizhar, M. Sheves, I. Schapiro, Y. Furutani, H. Kandori, K. Inoue, P. Hegemann, O. Béjà*, M. Shalev-Benami*. (‡ : equally contributed) “Rhodopsin-bestrophin fusion proteins from unicellular algae form gigantic pentameric ion channels” (2022) *Nature Structural & Molecular Biology*, **29**, issue 6, pp. 592-603

(注 1) ロドプシン

動物から細菌などの微生物まで、幅広い生物種の細胞膜上に存在する太陽光を吸収してさまざまな生物学的機能を発現するタンパク質。動物の持つロドプシンは視覚など光に関わる細胞内信号伝達を行う役割を持つのに対し、微生物の持つロドプシンの多くは光のエネルギーを使ってイオンを輸送します。従ってその機能は互いに大きく異なり、進化的にも全く別系統です。しかしそれにも関わらず、これら 2 種類のロドプシンは、光を吸収するために共にビタミンAの誘導体であるレチナール色素をタンパク質内部に結合し、7 本の膜を貫通するらせん(ヘリックス)からなるタンパク質構造を持つなど多くの共通点を有しています。

(注 2) ベストロフィン

ロドプシンと同様に動物から微生物まで、幅広い生物種が持つ、イオンを輸送する機能を持つタンパク質。5 つのベストロフィンが集まることで、その中央部にイオンを透過

するためのチャネルが形成されます。ベストロフィンが輸送するイオンの種類は生物種ごとに異なるが、ヒトの持つベストロフィンは、塩素イオンなどの陰イオンを輸送し、さまざまな器官に存在しています。

（注 3）クライオ電子顕微鏡
凍結させた生体試料を用いて、タンパク質や細胞小器官の構造を調べる電子顕微鏡技術。単粒子解析と呼ばれる技術により、複雑で巨大なタンパク質の三次元構造を原子レベルで明らかにすることが可能となり、2017 年にこの技術に対してノーベル化学賞が授与されました。

（注 4）光遺伝学（オプトジェネティクス）
神経細胞など、生体組織中の細胞に光応答性タンパク質の遺伝子を導入し、神経活動などの細胞の生理活動を外部からの光照射によって制御する技術。光開閉式のイオンチャネルであるチャネルロドプシンが発見されたことにより、2005 年頃から可能となったもので、将来的には視覚再生医療や、体内への機器の挿入を必要としない心疾患治療などへの応用が期待されています。

（注 5）レチナール
通常アミノ酸は可視領域に吸収を持たないため、アミノ酸で構成されるタンパク質もそれ単体では可視光を利用することができません。それに対してロドプシンはタンパク質内部に、体内の酵素反応でビタミンAから生じるレチナールと呼ばれる色素を結合しています。ロドプシンのタンパク質内部にあるレチナールが可視光を吸収するとその折れ曲がり構造が変化し、それを通じてタンパク質部分にも変化が起こり、さまざまな生理機能を発現することが可能になります。

ISSP Young Scientist Medal

Formerly at Otani group, Division of Nanoscale Science
(now postdoctoral fellow at the École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL))
Mingran Xu

I am honored to have been awarded the ISSP Young Scientist Medal for our discovery of an acoustic diode based on the principle of magneto-rotation coupling [1-3]. Our discovery could lead to the development of acoustic rectifier devices which allow unidirectional propagation of the surface acoustic wave (SAW). These devices work at microwave frequencies and will have significant application potential in 5G communication technology. This research work would not have been possible without guidance from Prof. Otani, theoretical support from Prof. Maekawa and Yamamoto san, and feedback from other collaborators and colleagues. This accomplishment is a significant milestone in my life. Here, I would like to share my research experience and viewpoint which lead to this discovery.

Before coming to Otani Lab, I had very limited research experience, and I rarely encountered the word "spintronics". My scientific journey was like a walk in a dark night with sparse light from distant stars energized by my instincts. I started as a master's student at ISSP and eventually graduated from the Ph.D. program. At the beginning of my research journey at Otani lab when I was assigned this research topic I had hardly any idea that this would lead to such an exciting discovery. I express my heartfelt gratitude to Otani sensei and all my lab colleagues who made my research journey joyful and pleasant. I would also like to thank the excellent scientific environment of ISSP which provides an interactive platform for novice researchers like me to grow to full scientific potential and achieve success in life. I am also grateful to all the professors, administrative staff, and students from ISSP and RIKEN for their support during the ups and downs of my research journey.

For a long time, the research focus of Otani lab had been the "spin conversion science" [4] which includes numerous intriguing phenomena where electron, photon, magnon, and phonon are correlated via spin. I have been extremely lucky to have been a part of this broad theme. I was involved in the investigation of the coupling of mechanical oscillation with spin. In my first scientific publication, we demonstrated the inverse Edelstein effect induced by magnon-phonon coupling. We fabricated a Ni/Cu(Ag)/Bi_2O_3. hybrid device and demonstrate spin to charge current conversion via magnon-phonon coupling and an inverse Edelstein effect. This was a significant scientific result where we realized acoustic spin pumping could be an efficient approach to study spin to charge conversion via Rashba spin-orbit interaction at Ag/Bi_2O_3 and Cu/Bi_2O_3 interfaces [5,6].

In 2018, my Ph.D. program started. Encouraged by my first publication I was motivated to investigate phonon-spin coupling further. I was interested to investigate nonreciprocal behavior in the hybridized system which was an unsolved puzzle. We decided to integrate Ta/$Co_{20}Fe_{60}B_{20}$(1.6 nm)/MgO magnetic multilayer system to trigger nonreciprocity via its interfacial Dzyaloshinskii–Moriya interaction (DMI). Although the acoustic wave follows the nonreciprocal rule, once it couples with the spin wave, it may sense the DMI and manifest nonreciprocity. As anticipated our initial experimental attempt showed nonreciprocity at resonant conditions. However, we also observed giant nonreciprocity in the signal intensity which could not be explained with the theoretical understanding at that time. Although intuitively it seemed the lattice rotation accompanied by SAW propagation might have some role in this giant nonreciprocity, it was still a vague

hypothesis. Fortunately, our theory collaborators Maekawa sensei and Yamamoto san came to help and developed a theoretical model which provided a perfect explanation of our experimental data. Finally, we came to realize the importance of a long-forgotten coupling mechanism, the "magneto-rotation coupling", which was indispensable to explaining the giant nonreciprocity. The rotational deformation induced by SAW rotates the easy axis of the magnet, introducing the coupling between the magnon and phonon. The hybridized system displays a giant nonreciprocity because the rotation direction is reversed for $+\boldsymbol{k}$ and $-\boldsymbol{k}$ propagating SAW as shown in Fig. 1. After understanding the origin of the nonreciprocity, we designed a hybridized device using Ta/$Co_{20}Fe_{60}B_{20}$(20 nm)/MgO multilayer to enhance the magneto-elastic coupling. Ultimately, our devices showed versatile functionalities such as an acoustic diode, acoustic switch, and acoustic filter in a single device. Even more interestingly by tunning the magnetic field, our device demonstrated unidirectional propagation of SAW acting as an acoustic filter. This unidirectional SAW propagation achieved in our devices at microwave frequencies will have application potential in 5G communication technology.

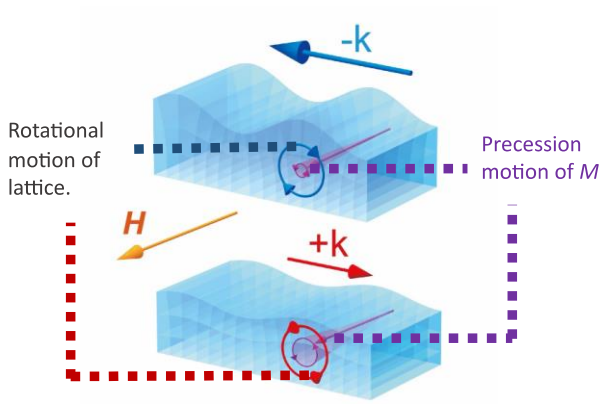


Fig. 1. Depending on the propagation direction, SAWs rotate the lattice in opposite directions (as indicted by the blue and red oriented cycles in the figure). This rotational motion couples with the magnetization via magnetic anisotropies, giving rise to a circularly polarized effective field, which either suppresses or enhances the magnetization precession (purple cone).

[1] S. Maekawa and M. Tachiki, *Surface Acoustic Attenuation Due to Surface Spin Wave in Ferro- and Antiferromagnets*, in *AIP Conference Proceedings*, Vol. 29 (1976), pp. 542–543.

[2] K. Yamamoto, W. Yu, T. Yu, J. Puebla, M. Xu, S. Maekawa, and G. Bauer, *Non-Reciprocal Pumping of Surface Acoustic Waves by Spin Wave Resonance*, J. Phys. Soc. Japan **89**, 113702 (2020).

[3] M. Xu, K. Yamamoto, J. Puebla, K. Baumgaertl, B. Rana, K. Miura, H. Takahashi, D. Grundler, S. Maekawa, and Y. Otani, *Nonreciprocal Surface Acoustic Wave Propagation via Magneto-Rotation Coupling*, Sci. Adv. **6**, eabb1724 (2020).

[4] Y. Otani, M. Shiraishi, A. Oiwa, E. Saitoh, and S. Murakami, *Spin Conversion on the Nanoscale*, Nat. Phys. **13**, 829 (2017).

[5] H. Tsai, S. Karube, K. Kondou, N. Yamaguchi, F. Ishii, and Y. Otani, *Clear Variation of Spin Splitting by Changing Electron Distribution at Non-Magnetic Metal/Bi2O3 Interfaces*, Sci. Rep. **8**, 1 (2018).

[6] M. Xu, J. Puebla, F. Auvray, B. Rana, K. Kondou, and Y. Otani, *Inverse Edelstein Effect Induced by Magnon-Phonon Coupling*, Phys. Rev. B **97**, (2018).

日本物理学会の若手奨励賞を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター 岡崎研究室助教　　鈴木 剛

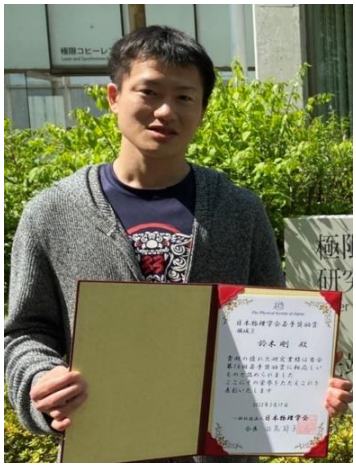
この度、物性研究所の神田夏輝助教とともに 2022 年度日本物理学会若手奨励賞(領域 5)を受賞いたしました。本賞は若手の登竜門としての位置付けもあり、これまでも錚々たる先生・先輩方が受賞してきましたので、今回このような素晴らしい賞をいただき大変光栄に思います。対象研究はこれまで私が学生時代から一貫して行っている「超高速分光法による励起子物性の研究」となります。励起子とは主に半導体・半金属中に作られた電子とその抜け殻である正孔の結合状態であり、私は励起子に対してこれまで様々な超高速分光を使って研究してきました。研究内容については日本物理学会での受賞記念講演や物性研 HP でのニュースで詳しく述べさせていただきましたので、本稿では私のこれまでの研究歴や個人的な思い出も振り返りながら、紹介させていただきたいと思います。

私が光物性物理学の研究を始めたのは 2008 年で、所属研究室の指導教官は東京大学理学系研究科物理学専攻の島野亮教授です。当時、テラヘルツ分光法により固体物性を調べることは世界的にも先駆けたアプローチであり、素晴らしい指導と研究成果にも恵まれて多くの国内・国際学会で発表することができました。研究対象としたのはバルクの Si です。Si というと半導体の代表であり、その研究は半世紀以上に渡る歴史があります。しかしながら光励起後の非平衡状態ではまだまだ分からないことがたくさんあり、その中でも私は励起子や電子正孔液滴の生成ダイナミクスや、励起密度増大に伴う励起子の解離現象である励起子モット転移について研究いたしました。

修士・博士課程終了後も励起子への興味が尽きず、海外特別研究員として米国コロラド大学JILA(現ミシガン大学物理学科)の Steven T. Cundiff 教授の研究室に所属しました。当初は英語も拙く、グループでのディスカッションについていくことができなくて大変苦労しましたが、とても良い雰囲気と優しい仲間たちに助けられてなんとか成果を挙げることができました。また、私が所属した期間に、研究室がコロラド大学からミシガン大学に移動するという大転換期に差し当たり、とても大変でしたが今では良い思い出となっております。研究は多数の量子ドットを対象にしたコヒーレント操作です。ここで、量子ドットはサイズや組成に応じて遷移エネルギーの不均一広がりが大きいため、その適切な観測方法がありませんでした。そこで私は本質的なエネルギー幅を不均一幅から区別して観測できる二次元コヒーレント分光法をプローブ法として用い、コヒーレント操作によりそれぞれの量子ドット中に生成された励起子と励起子分子のポピュレーションをエネルギー分解して観測することに成功しました。

米国での研究を終えて、現所属である物性研究所に着任いたしました。最初は辛研究室の特任研究員として、途中から岡崎研究室の助教として働いております。ここで初めて光電子分光法を習得し、強相関電子系物質を本格的に研究対象としました。研究手法・内容共に初めて尽くしでしたが、とても親切な学生・スタッフ皆さんの教えもあり、ここまで来られたかなと思っております。また、研究室はとても仲が良くて、コロナ前では旅行やマラソンにもみんなで行っており、私もすぐに打ち解けることができました。研究は時間分解光電子分光法を用いて様々な量子物質を対象に測定しておりますが、受賞対象となった物質は Ta2NiSe5 です。この物質は、(光励起していない)平衡状態でも自発的に励起子が生成されて系が絶縁体化する励起子絶縁体の有力な候補物質として注目されております。特に私は、光励起による絶縁体金属相転移に興味を持ち、電子・格子相互作用の観点からその機構を探るために周波数領域 ARPES という手法を開発しました。これにより、金属化に最も大きく寄与する格子変調が何かについて提示しました。

最後に、今回ともに受賞させていただいた神田夏輝助教は、学生時代からとても仲の良い先輩であり、研究・生活共に大変お世話になっております。このような素晴らしい先輩と共に賞を頂け、また本稿を執筆させていただけることを幸甚の至りと感じ、結びとさせていただきます。



日本物理学会若手奨励賞を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター　松永研究室　　助教　神田 夏輝

この度、第 16 回(2022 年)日本物理学会若手奨励賞(領域 5)を受賞する栄誉にあずかりました。この賞は日本物理学会が将来の物理学を担う優秀な若手研究者の研究を奨励し、学会をより活性化するために設けられたものです。今回は領域 5(光物性分野)からは 2 名が表彰され、同じく LASOR の鈴木剛さんとの同時受賞となりました。鈴木さんとは学生時代から切磋琢磨してきた親友で、今回の同時受賞を大変嬉しく思っております。

受賞対象となった研究は「メタマテリアル、反強磁性、ディラック半金属のテラヘルツ応答と光制御」です。光と電波の中間に位置するテラヘルツ周波数帯は、物質中の電子、フォノン、スピンなど様々な自由度に応じて多彩な電磁応答が現れるため、幅広い物質群をターゲットとした物性研究が発展してきました。一方、テラヘルツ光技術として電場の高強度化、広帯域化、偏光制御や位相安定化が進んだことで、光が持つ様々な特徴を駆使して光物性の新分野を開拓する研究が世界的に展開されています。そのような背景のもと、私は特にテラヘルツ波の偏光状態に注目し、これまでに行ってきた (i)高い設計自由度と外部制御性を有するメタマテリアル、(ii)高速のスピン歳差運動が生じる反強磁性体、(iii)巨大な非線形効果を示すディラック半金属を対象とした研究成果が受賞対象となりました。

テラヘルツ帯における偏光制御素子は可視光領域に比べると乏しいため、メタマテリアルによる素子設計は非常に有効となります。我々は金薄膜相補二層カイラル格子構造によりテラヘルツ帯での光学活性を発現させることに成功し[1]、またシリコン基板上の金薄膜カイラル格子に光励起することで光学活性を動的に制御することにも成功しました[2,3]。さらに、金薄膜を使わず励起光に空間光変調を施すことで光学活性を全光学的に動的制御し、同じ透過率でカイラリティーの左右のみを切り替えるエナンチオマティックな制御にも成功しています[4]。このようなテラヘルツメタマテリアルは大きさがマイクロメートルのオーダーであり、MEMS によるカイラルメタマテリアルの機械的な変調も実現してきました[5]。

テラヘルツ帯の偏光制御素子を用いる代わりに、テラヘルツ波発生の段階で偏光状態を制御する方法についても研究を進めてきました。そのために我々は三回回転対称性を持つ媒質におけるテラヘルツ発生の偏光選択則に着目しました。三回対称な反強磁性体 NiO におけるマグノンモードを、偏光のねじれた近赤外のダブルパルスで誘導ラマン過程により励起し、そこからの磁気双極子テラヘルツ放射の偏光状態を任意制御することに成功しています[6]。磁性体内部の振動モードの観点では、反強磁性マグノンの振動モードを光によりベクトル的に制御したことに対応しています。NiO の場合には狭帯域なマグノンの共鳴モードを制御しましたが、非共鳴な非線形光学結晶を用いることで広帯域なテラヘルツ分極の制御及び電場軌跡を自在に制御したベクトル波形整形も実現しています[7]。またテラヘルツ波の偏光計測技術は、近年注目を集めるワイル反強磁性体における異常ホール伝導と高速スピントロニクスの研究においても有用となります[8]。

また、物性研究所着任後の研究として、ディラック半金属が持つ大きな非線形効果に着目し、そのテラヘルツ応答を調べています。我々は 3 次元的に質量ゼロの電子が存在するディラック半金属 Cd_3As_2 薄膜に注目し、高強度テラヘルツパルスを照射することで、テラヘルツ周波数帯の高次高調波が室温で極めて高効率に発生することをテーブルトップレーザーで実証することに成功しました[9]。さらに偏光分解サブサイクル分光を行い、この非線形性の起源がディラック電子をコヒーレントにバンド内加速することによる非線形電流であることを突き止めました。

バンド間遷移についても、ギャップレスに光吸収が起こるディラック半金属 Cd_3As_2 は中赤外における高速光検出器や過飽和吸収体としての応用が期待されるため、その機能性を明らかにするために光励起ダイナミクスを詳細に調べる研究を進めています。半金属においてはバンド内とバンド間遷移の両方の寄与が強く現れ、互いに影響を及ぼすため、そのクロスオーバー領域である数十 THz 帯の応答を調べることが重要となります。我々は、マルチテラヘルツ帯とも呼ばれるこの 10–50 THz 帯で時間領域分光を可能とする光源開発を行い[10]、Cd_3As_2 の光学伝導度を複素量として 30 fs 以下の時間分解能で精密計測するシステムを開発しました。これを用いたポンププローブ分光によ

り、光励起キャリアの熱平衡化ダイナミクス及び Auger 再結合の影響を明らかにしたほか[11]、周期的な強電場照射下においてフロッケ状態間共鳴とプラズマ振動に起因した巨大コヒーレント応答が現れることを最近発見しました[12]。

今回このような賞をいただけたことを励みにし、新しい研究にも挑戦していきたいと考えています。最近はマルチテラヘルツ帯でのベクトル波形整形の光源開発を進めており、ディラック半金属などを舞台とした物質の超高速制御の研究を計画、推進しています。これからの研究活動を通して、微力ながら当該分野及び物性研究所の発展に貢献していきたいと考えています。

最後に、今回受賞対象となった研究は、東京大学の五神真教授、小西邦昭准教授、松永隆佑准教授をはじめとする多くの方々と共同して行われました。数々のご助言を賜りました先生方に、この場を借りて深くお礼申し上げます。

[1] N. Kanda et al., Opt. Express **15**, 11117 (2007).
[2] N. Kanda et al., Opt. Lett. **34**, 3000 (2009).
[3] N. Kanda et al., Opt. Lett. **37**, 3510 (2012).
[4] N. Kanda et al., Opt. Lett. **39**, 3274 (2014).
[5] T. Kan et al., Nat. Commun. **6**, 8422 (2015).
[6] N. Kanda et al., Nat. Commun. **2**, 362 (2011).
[7] M. Sato*, T. Higuchi*, N. Kanda et al., Nat. Photon. **7**, 724 (2013).
[8] T. Matsuda, N. Kanda et al., Nat. Commun. **11**, 909 (2020).
[9] B. Cheng*, N. Kanda* et al., Phys. Rev. Lett. **124**, 117402 (2020).
[10] N. Kanda et al., Opt. Express **29**, 3479 (2021).
[11] N. Kanda et al., Nano Lett. **22**, 2358 (2022).
[12] Y. Murotani*, N. Kanda*, et al., arXiv:2112.13113.

*: equal contribution

同時受賞の鈴木剛さんと。右側筆者

文部科学大臣表彰　若手科学者賞を受賞して

中性子科学研究施設　　眞弓 皓一

この度、文部科学大臣表彰　若手科学者賞を 2022 年 4 月に受賞致しました。授与式は 2022 年 4 月 20 日にオンラインで行われました。本受賞は文献[1]-[6]をはじめとした研究成果が評価されたものです。一連の研究は、東京大学　伊藤 耕三先生、劉 暢博士、保田 侑亮博士(現産総研)、CROSS　柴山 充弘先生、KEK　遠藤 仁先生、NIST 長尾 道弘先生、CROSS　山田 武先生、東京大学　岡崎 進先生、名古屋大学　藤本 和士先生、ESPCI ParisTech Costantino Creton 先生、成田 哲治先生、Cornell 大学 Chung-Yuen Hui 先生、Colorado 大学　Rong Long 先生らとの共同研究です。この場をお借りしまして深く感謝申し上げます。

受賞対象の研究は「動的結合を有する高分子材料の強靭化メカニズムの解明」です。高分子ゲルは、高い生体適合性を有していることから、人体に埋め込む生体材料への応用が期待されながらも、脆弱な力学強度が問題となっていました。その問題を解決するために、2000 年頃から様々な高強度ゲルが開発され、特に可逆結合や環状分子による架橋などの動的架橋が強靭化に有効であることが明らかになりつつあります。私はこれまで動的架橋高分子材料の力学・破壊物性の分子的メカニズムの解明を行ってきました。

（1）可逆架橋を含む自己修復性高分子ゲルの力学・破壊物性 [1,2]

2012 年 4 月から 2014 年 3 月の間、フランス　ESPCI ParisTech にて博士研究員として、可逆架橋を有する自己修復性高分子ゲルの力学・破壊物性に関する研究に従事し、可逆架橋点の解離・再形成ダイナミクスとマクロな力学・破壊挙動との相関を明らかにしました。可逆架橋を有する自己修復性高強度ゲルのモデル系として、ポリビニルアルコール(PVA)を共有結合と可逆結合で同時に架橋した高分子ゲルを用い、様々な変形速度における力学・破壊挙動を系統的に調べました [1]。自己修復性高分子ゲルの示す複雑な粘弾性挙動を、可逆架橋点の解離時間と再結合時間を取り入れた力学モデルによって記述することに成功しました [2]。また、自己修復性高分子ゲルの亀裂進展試験を行い、変形速度に応じて、亀裂の進展速度が転移的に変化する現象を発見し、この転移が可逆架橋点の解離・再結合ダイナミクスと相関していることを明らかにしました。これら一連の研究は、可逆架橋を有する高分子材料の力学・破壊メカニズムを理解するための基盤となるものであり、様々な自己修復性高分子材料に適用されています。

（2）環動架橋高分子材料の力学・破壊物性の分子論的メカニズム [3-5]

高分子鎖を環状分子によって連結した環動ゲルは、優れた伸張性を示します。私達は、環動ゲルの応力歪み関係を実験・粗視化分子動力学(MD)シミュレーションによって調べ、環動架橋点のスライドと巨視的な応力の関係を示す理論モデルの構築に成功しました [3]。また、環動ゲルの破壊靭性を亀裂進展試験によって調べ、亀裂先端における環動架橋点のスライド距離・速度が、環動ゲルの動的破壊挙動を支配されていることを見出し、物理モデルを構築しました [4, 5]。

（3）強靭性と即時復元性を兼ね備えた自己補強ゲルの開発 [6]

構造を最適化した環動ゲルを延伸すると、高分子鎖が結晶化し、さらに力を取り除くと結晶が融解する現象を発見しました [6]。高分子ゲルにおける可逆な伸長誘起結晶化は、本研究で初めて発見された現象です。本ゲルは伸長誘起結晶化による自己補強効果によって最高水準の強靭性を示すと同時に、伸長誘起結晶化の可逆性から繰り返し変形下において高い復元性を示します。自己補強ゲルは、繰り返し大きな負荷がかかっても一定の力学応答を示すという特性から、人工靭帯・関節などの人工運動器への応用が期待されています。

これらの成果は、動的架橋高分子材料の分子設計指針を示すもので、生体・医療材料、ソフトアクチュエーターなどへの応用展開における基盤となります。今後も高分子・ソフトマター材料の物性メカニズム解明を目指した研究に邁進し、社会に資する新規材料開発に貢献できればと思います。

参考文献

[1] K. Mayumi, A. Marcellan, G. Ducouret, C. Creton, T. Narita, “Stress–Strain Relationship of Highly Stretchable Dual Cross-Link Gels: Separability of Strain and Time Effect”, ACS Macro Letters, 2, 1065–1068 (2013).

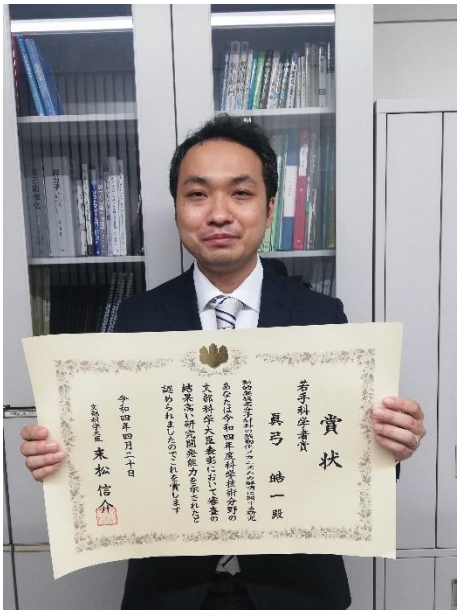
[2] R.. Long, K. Mayumi, C. Creton, T. Narita, C. Y. Hu*, “Time Dependent Behavior of a Dual Cross-Link Self-Healing Gel: Theory and Experiments” Macromolecules, 47, 7243-7250 (2014).

[3] Y. Yasuda, T. Masumoto, K. Mayumi*, M. Toda, H. Yokoyama, H. Morita*, K. Ito*, ”Molecular Dynamics Simulation and Theoretical Model of Elasticity in Slide-Ring Gels”, ACS Macro Letters, 9, 1280-1285 (2020).

[4] C. Liu, H. Kadono, K. Mayumi, K. Kato, H. Yokoyama, K. Ito, “Unusual fracture behavior of slide-ring gels with movable cross-links”, ACS Macro Letters, 6, 1409 (2017).

[5] Yasuda, Y., Hidaka, Y., Mayumi, K.*, Yamada, T., Fujimoto, K., Okazaki, S. Yokoyama, H., Ito, K.*, “Molecular Dynamics of Polyrotaxane in Solution Investigated by Quasi-Elastic Neutron Scattering and Molecular Dynamics Simulation: Sliding Motion of Rings on Polymer”, Journal of the American Chemical Society, 141, 9655–9663 (2019).

[6] C. Liu, N. Morimoto, L. Jiang, S. Kawahara, T. Noritomi, H. Yokoyama, K. Mayumi, K. Ito, Science 372, 1078 (2021).



日本物理学会学生優秀発表賞（領域 9）及び NanospecFY2021mini ショートプレゼンテーション学生賞金賞を受賞して

機能物性研究グループ　吉信研究室　博士後期課程 1 年　　尾崎 文彦

この度、2022 年 3 月に開催されました第 77 回年次大会(2022 年)日本物理学会学生優秀発表賞(領域 9)を受賞いたしました。この賞は、物理学会大会において優秀な発表を行った学生に対して授与されるものです。領域 9 での対象はポスター講演となっており、「レーザー切断により調製した MoS_2 エッジ面の分光学的研究」という題目でポスター発表を行いました。また、同月に開催されました NanospecFY2021mini においてショートプレゼンテーション学生賞金賞を受賞いたしました。この会は、SPring-8 ユーザー協同体顕微ナノ材料科学研究会、日本表面真空学会放射光表面科学研究部会、日本表面真空学会プローブ顕微鏡研究部会の 3 つの組織の合同ミニコンファレンスとして毎年行われている研究会で、今回の賞は優秀な口頭発表に対して金賞 1 名、銀賞 1 名、銅賞 2 名に授与されました。NanospecFY2021mini では、「顕微 XPS による MoS_2 エッジ面の電子状態解明と水素相互作用」という題目で口頭発表を行いました。修士課程の修了間際でしたが、上記 2 件のダブル受賞という栄誉に恵まれましたこと大変光栄に思います。授賞式はオンラインでの開催となりましたので、後日郵送にて表彰状またメダルを頂戴いたしました(写真参照)。

発表内容について簡単に紹介いたします。本研究は二硫化モリブデン(MoS_2)という物質を対象にしています。グラフェンのような原子層物質として利用できることから、近年非常に注目を集めており、天然鉱物としても存在している層状化合物です。古くは水素化脱硫触媒として利用されてきました。現在でも、MoS_2 は工業的に使われていて、触媒反応についての研究は 50 年以上前から長年にわたって行われてきました[1,2]。欠陥のない MoS_2 基底面は反応不活性であることが一般的に知られており、反応活性点が配位不飽和なエッジサイトであることがこれまでに提案されています[3]。活性点の理解は反応を理解するうえで不可欠であるため、エッジサイトに関する研究はナノスケールのプローブ顕微鏡や第一原理計算によって進められてきました[4]。しかし、層状化合物のエッジを選択的にプローブすることや規定したエッジ表面調製の難しさから、その化学的性質や電子状態についての分光学的研究はほとんどありませんでした。そこで、LASOR の小林研究室と共同で超短パルスレーザーを用いて単結晶 MoS_2 を切断することにより縁ダレのない MoS_2 断面を作製し、顕微ラマン分光および放射光による顕微高分解能光電子分光を用いてエッジ面の直接分光観測を試みました。

ラマン分光では、MoS_2 基底面ではあらわれないエッジに特有の振動モードが観測されました。また、X 線光電子スペクトルにおいては基底面では観測されないエッジに特有の低配位の Mo の電子状態が観測されました。これは、エッジ面での硫黄原子の欠損によるものと考えられ、40 年以上前に提案されたエッジサイトの直接的な電子状態の観測に成功したといえます。この配位不飽和な Mo サイトが反応において重要な役割を果たしていると推察され、このような基礎的は活性サイトの理解によって反応効率化のための触媒設計の指針になると期待されます。ここまでの内容が物理学会大会での発表となりますが、1 週間後に行われた Nanospec ではさらに本研究を展開し、このエッジサイトの反応性に関して雰囲気光電子分光(AP-XPS)を用いて検証した結果を発表いたしました。AP-XPS は、超高真空中での光電子分光測定と異なり、気体雰囲気での測定により気体分子存在中での固体表面の状態を直接的に観測することができるため、反応を調べるうえでは非常に強力な装置であります。水素雰囲気において測定を行うと、水素雰囲気で配位不飽和な Mo サイトのシグナルの減少が観測され、この Mo サイトが反応に寄与していることが明らかになりました。

本研究また講演を行うにあたり、吉信淳 教授、田中駿介 助教、小林洋平 教授、谷峻太郎 助教、松田巌 教授、堀尾眞史 助教、山本達 准教授(東北大 SRIS)、小板谷貴典　助教(分子研)をはじめとした多くの皆様に大変お世話になりました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献

[1] 岡本康昭, 触媒 **50**, 28 (2008).

[2] F. Ozaki, S.Tanaka, W. Osada, K. Mukai, M. Horio, T. Koitaya, S. Yamamoto, I. Matsuda, J. Yoshinobu, Appl. Surf. Sci. **593**, 153313 (2022).

[3] K.-I. Tanaka, T. Okuhara, J. Catal. **78**, 155 (1982).
[4] F. Besenbacher, J. V. Lauritsen, J. Catal. **403**, 4 (2021).

図 1　賞状（物理学会）をもっての記念撮影

図 2　金メダル（Nanospec）をもっての記念撮影

日本物理学会学生優秀発表賞を受賞して

元 機能物性研究グループ秋山研究室（現 日立製作所）　　柴田 桂成

この度、2022 年 3 月に開催された日本物理学会第 77 回年次大会（領域 12）にて、学生優秀発表賞を受賞致しました。受賞対象となった発表は「陰イオンチャネルロドプシン *Gt*ACR1 におけるレチナール発色団の構造変化とフォトサイクル」です。この賞は、日本物理学会年次大会（領域 12）にて、物理学の発展に寄与する優秀な口頭発表を行った学生に授与されます。このような賞を頂くことができ、大変光栄です。以下、研究内容についてご紹介いたします。

本研究では、我々が開発した少量の試料かつ短時間で、高い信号対ノイズ比のスペクトルを取得できる時間分解共鳴ラマン分光測定系を用い [1]、代表的な陰イオンチャネルロドプシンである *Gt*ACR1 のチャネル開状態におけるレチナールの構造を明らかにしました。また、レチナールの構造情報や過渡吸収分光・電気生理測定の結果に基づき、*Gt*ACR1 のイオン輸送経路を世界で初めて明らかにしました。

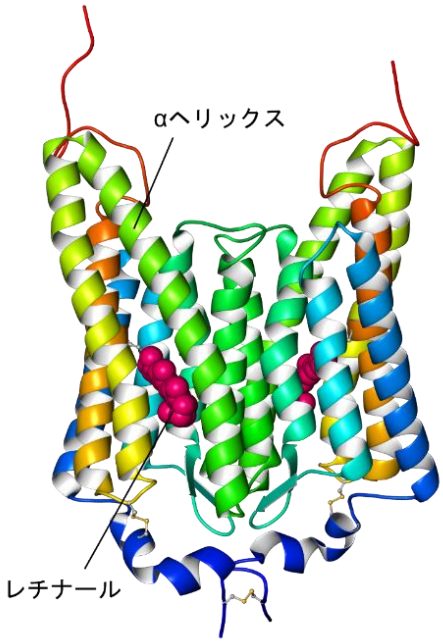


図 1：*Gt*ACR1 の構造 (PDB:6CSM)[2]

チャネルロドプシンは光に応答する膜タンパク質であり、図 1 に示すように、7 本の α ヘリックスとビタミン A の誘導体であるレチナールという色素分子から構成されます [2]。レチナールが可視光を吸収すると、チャネルロドプシン全体の構造が変化します。構造変化によりタンパク質を貫くイオンの輸送経路が形成されることで、チャネルロドプシンはイオンを輸送するイオンチャネルとして機能します。そのためチャネルロドプシンは、神経細胞の活動を光で操作する光遺伝学の中心的なツールとして幅広く利用されています。特に、陽イオンを輸送するチャネルロドプシンは神経細胞を興奮させるために、陰イオンを輸送するチャネルロドプシンは神経細胞の興奮を抑制するために用いられています。そして、チャネルロドプシンのイオン輸送特性をさらに改良できれば、より広範囲にわたる脳神経細胞の活動制御が可能となり、記憶メカニズムの解明や脳神経疾患の治療法創出に繋がります。

イオン輸送特性を改良するためには、チャネルロドプシン内のどこにイオンが輸送される経路が形成されるのか、そして輸送経路はどのようにして形成されるのか、といったイオン輸送機構を解明する必要があります。そして、イオン輸送機構を解明するためには、チャネル開状態におけるタンパク質構造を明らかにすることが不可欠です。我々はこれまでに、代表的な陽イオンチャネルロドプシンである C1C2 のチャネル開状態におけるレチナールの構造を、時間分解共鳴ラマン分光法により明らかにしてきました [1]。そして、チャネル開状態におけるレチナールの構造を基に、イオン輸送経路がレチナールを通過するように形成され、またイオン輸送経路はレチナールが大きくねじれ、周辺の α ヘリックスを外側へと押し出すことで形成される、ということを明らかにしました。一方で、陰イオンチャネルロドプシンに関しては、チャネル開状態におけるレチナールの構造は明らかになっておらず、またイオン輸送経路も解明されていませんでした。

そこで本研究では、我々が開発した少量の試料かつ短時間で、高い信号対ノイズ比のスペクトルを取得できる時間分解共鳴ラマン分光測定系を用いて [1]、代表的な陰イオンチャネルロドプシンである *Gt*ACR1 のチャネル開状態におけるレチナールの構造を測定しました。測定の結果、レチナールはタンパク質外部から流入した水分子と水素結合を形成しており、C1C2 と同様に、イオン輸送経路がレチ

ナールを通過するように形成されていることがわかりました。一方でチャネル開状態におけるレチナールのねじれは小さく、C1C2 とは異なるメカニズムでイオン輸送経路が形成されることが明らかになりました。

本研究により得られた知見は、改良型チャネルロドプシンを開発するうえで不可欠な情報です。したがって、本研究成果の意義は基礎科学的な面にとどまらず、イオン輸送特性改良への指針を与えたという、応用科学的な面にもあります。今後、本研究成果を基に改良型チャネルロドプシンが開発されることで、我々の脳における記憶メカニズムの解明や脳神経疾患の治療法創出に繋がると期待されます。

本研究を行うにあたり、東京大学物性研究所の秋山英文先生や井上圭一先生、同大学院総合文化研究科の加藤英明先生をはじめ、多くの方々よりご支援・ご助言をいただきました。この場をお借りして、本研究にご協力頂いた全ての方々に心より感謝申し上げます。

参考文献

[1] 柴田 桂成. “日本生物物理学会学生発表賞を受賞して” 物性研だより第 62 巻第 2 号(2022): 12-13

[2] Kim, Yoon Seok, et al. "Crystal structure of the natural anion-conducting channelrhodopsin *Gt*ACR1." *Nature* 561.7723 (2018): 343-348.

物性研に着任して

物質設計評価施設　　岡本 佳比古

2022 年 4 月 1 日に物質設計評価施設に着任いたしました、岡本佳比古と申します。これまで既に物性研内外の大変多くの方にお世話になっておりますが、改めて着任のご挨拶をさせていただきます。研究テーマについては談話会などでご紹介する機会がありましたので、本稿ではどちらかというとそれ以外のことを中心にお話しさせていただき、最後に研究テーマについて少し触れたいと思います。

私の研究生活の起点は、卒業研究で配属された、東京大学工学部応用化学科・新領域物質系の北澤宏一先生の研究室でした。当時の北澤研究室は、同じく応用化学科・新領域物質系の髙木研と一体運用されていた約 50 名のメンバーからなる巨大な組織で、私は研究面では当時髙木研の助教授だった野原実先生に大変お世話になりましたが、いわば大家族の楽しさを感じながら学生時代を過ごしました。今思い返すと、研究グループ内に博士後期課程の学生が常時 10 名くらい居て、多くの先輩・後輩から色々な刺激を受けて大学院生時代を過ごせたことは、本当に特別なことだったと思います。大学院時代に特に印象に残っていることは、研究室の柏への移転です。私は移転の当時、博士後期課程への進学が決まっている修士 2 年の学生で、実働部隊としてかなり働かざるを得ないことになったのは事実ですが、実験室の立ち上げという得難い経験をできました。また、当時物性研は既に柏への移転を済ませており、キャンパス外の食事場所の情報などの柏での生活について、物性研の研究室に所属していた学生に教えてもらったことを思い出します。

新領域で学位を取得し、理研でポスドクを半年ほど務めた後、2006 年から 2014 年まで物性研の広井研で助手・助教を務めさせていただきました。大家族の学生時代とは一転し、核家族のような生活になりましたが、学生時代の指導教員である髙木先生・野原先生がともに過去に物性研の研究室スタッフでもあって多くの助言があり、何とか広井研の助教という役割をこなすことができました。物性研の助教を約 7 年務めて最も強く感じたことの一つは、物性研の研究室の、研究室スタッフと学生の近さです。広井研や、隣の上田寛研の様子を見ていると、学部の研究室と比べて教員が研究の現場に関わる割合が多く、教員と学生が研究を通してより密接に関わっていて、研究所ではあるのですが、ある意味学部の研究室より丁寧に教育が行われている面があると感じました。私は、卒研・大学院時代はほとんど放牧のような感じで 6 年間を過ごしたような気がするので、どちらが良いかは分かりませんが、もし物性研の研究室に所属する大学院生として育ったとしたら、かなり違う研究観をもっただろうなと思います。

助教再任後は任期の恐怖感と戦いながら研究を続け、2014 年に名古屋大学工学研究科に准教授として転出することができました。名古屋大学では再び大家族のような研究室で、多くの学生に囲まれて生活することになりました。幸い研究室の同僚や本当に優秀な学生の皆さんに恵まれたおかげで、自分の無力ゆえに物性研助教時代と比べて研究環境が劣っていたにも関わらず、多くの研究成果を挙げることができました。この期間は、物性研の共同利用に大変お世話になりました。私事で申し訳ありませんが名古屋大学ではずっと単身赴任をしておりましたが、単身赴任状態の解消にとって、物性研の共同利用は核心的な役割がありました。そこへの恩返しは、自分にとっての今後のライフワークの一つになると思っています。

そうして、2022 年 4 月から、物性研において研究室を主宰するという、またとない機会をいただきました。チャンスを与えていただき、心より感謝いたします。物性研でどこまで成功できるか正直自信はありませんが、全力で研究に臨みたいと考えていますし、それが今後の最低限の責務と思っています。それに加えて、物性研究の将来を牽引すること、物性研究者が研究に困らないように新物質や新物質の発見方法をコミュニティに提示し続けること、難易度は高いですがやらなければならないことは数多くあり、精一杯努力する所存です。

最後に少しだけ、研究テーマについてご説明します。私はこれまでずっと、遷移金属化合物を主たる対象として、興味深い電子物性や革新的な電子機能を示す無機結晶固体の新物質開拓を行ってきました。修士論文のテーマの熱電変換材料に始まり、幾何学的フラストレート磁性体、新超伝導体、トポロジカル物質、熱体積機能性材料など、様々な物質を開拓してきました。物性研でもこのテーマを発展

させることになりますが、今後は特に以下の３点に気を付けながら研究を推進いたします。①新奇な量子現象・革新的な電子機能を示す新物質の開拓。高い対称性と複雑な結晶構造が共存する物質や、究極の低次元結晶といえるような物質を新規に開拓することで、その実現を目指します。②物性を見据えた新物質開拓手法の確立。私がこれまで取り組んできた、また、今後取り組む新物質開拓の方法が、皆さんの物性研究手段の選択肢の一つとなるように確立します。③物性研究にとって有用な合成手法の新規開拓。やはり物性研でチャンスをいただいたからには、新たな合成手法の開拓にも挑まねばならないと思っています。

これから、物性研の発展に貢献できるよう精一杯努力させていただきますので、皆様どうぞよろしくお願いいたします。

物性研に着任して

凝縮系物性研究部門　　井手上 敏也

2022 年 4 月 1 日付で凝縮系物性研究部門准教授に着任いたしました、井手上敏也と申します。この度、自身の研究室を立ち上げ、研究・教育活動に携われることを大変嬉しく思います。この場を借りて、自己紹介とご挨拶をさせていただきます。

思い返してみますと、昔から数学や物理学は大好きでしたが、将来自分がまさか物性物理学の研究者になるとは想像もしていませんでした。これもひとえに、素晴らしい師や先輩方、同僚や後輩との出会いに恵まれ、叱咤激励を頂いたりお互いに切磋琢磨したりしながら、自分が面白いと思える研究に専念することができたおかげであると感じております。これまでの私の研究経歴の節々でお世話になったすべての方との縁に深く感謝したいと思います。

私は、学生時代に本学の工学部物理工学科（工学系研究科物理工学専攻）の十倉好紀先生の研究室で学位を取得し、その後、量子相エレクトロニクス研究センターの岩佐義宏先生の研究室で助教として研究に取り組んできました。学生時代は固体の対称性や量子位相に立脚した新奇バルク物性の研究を行いましたが、特に印象に残っている研究テーマは大学院時代に取り組んだ磁性絶縁体における熱ホール効果の研究です。当時はまだそれほど広く認知されていなかった熱ホール効果を、特殊な磁性絶縁体の素励起、特にマグノンの量子位相とそれに由来するダイナミクスの研究へ応用しようというもので、果たして本当に観測できるくらいの大きさの熱勾配が生じるのか当初は全く不明でしたが、幸運なことに有意なシグナルを観測することができました。当時データを見た瞬間に、世界でまだ自分しか見たことのない新現象の発見に興奮し、心躍った記憶があります。考えてみますと、この時のような新現象発見の感動をまた味わいたいというのが、これまでの私の研究の原動力の一つになっている気がします。これまでの経験において、研究が当初想定したように上手く行くことも、あるいは残念ながらそうではないこともたくさん経験してきましたが、学生時代のこの経験が私の研究生活の基盤になっていることは間違いありません。

その後、博士取得後に岩佐義宏先生の研究室へ助教として着任し、2 次元物質やそのナノ構造の研究を開始しました。ファンデアワールス結晶を劈開して得られる 2 次元結晶やそのヘテロ界面といったナノ物質は、物質科学の新しい舞台として近年大きな注目を集めており、特徴的な物性や機能性の報告が相次いでなされている物質群の一つです。岩佐研究室が得意としている電解誘起超伝導の技術や 2 次元結晶の制御方法、ナノ物質の光学測定技術を生かしながら、これまでに培ってきた対称性や量子位相の物理を組み合わせることで、いくつかの面白い現象を開拓することができました。特に、ナノ物質における対称性の破れを反映した様々な整流効果の研究や、量子位相起源のホール効果を 2 次元結晶の励起子に拡張した励起子のホール効果の研究は、元々私がバルク結晶において取り組んでいた対称性や量子位相の物理の知見と、ナノ物質の特徴（薄膜化やナノ構造作製によって元の結晶とは異なる対称性や電子構造が創出できることや、容易に大電流密度を実現できて非線形伝導現象にアクセスしやすいといった性質）が上手く融合した研究であり、また当初想像した以上にテーマが展開したこともあって、私にとって思い入れのある研究テーマとなっています。このように、タイプの異なる師の元で、それぞれの先生の研究のご興味や思い入れ、哲学等を間近で感じながら、自分なりの研究の方向性を模索して、ささやかかつ粗削りながらも自身の研究の基軸と呼べそうなものを見つけることができたことは自信になりましたし、貴重な経験であったと思います。

これからは、自身の研究室を運営していくということで、これまでに構築してきた自身の研究の基軸をより発展させていくと同時に、研究室メンバーと共に自分一人だけでは想像もしなかったような新しい研究の方向性や潮流を開拓できればと考えています。新現象発見に立ち会う感動や失敗を通して学びそれを次の成功へ繋げていくことの重要性、自分のアイデアを試す面白さといった有意義な経験を、後輩や学生の皆さんとともにできる限り多く経験し、共有していくことが自分の役割の一つだと考えております。また、縁という意味では、この物性研究所におられる先輩方とも、着任を機に是非積極的に共同研究をさせていただき、研究の幅を広げていければと考えております。今後とも何卒よろしくお願いいたします。

外国人客員所員を経験して

Matthias Batzill
University of South Florida
mbatzill@usf.edu

I have been honored to serve as a visiting Professor at ISSP. ISSP is a world leading research institution in Solid State Physics and to be part of it, even if only for a short time, has been a real privilege. From the start, the international liaison office has been wonderful in providing all the support I could have wished for planning my visit. Once we arrived in Japan, we received a warm welcome by Prof. Hasegawa and his group. All this, and the convenient accommodation at Kashiwa lodge made it easy for us to settle in, in no time.

Unfortunately, my stay at ISSP was delayed due to COVID restrictions. Moreover, due to other obligations, I could not extend my visit beyond the original departure date, which meant that I could be at ISSP only for a little more than two months. I thank ISSP to be flexible in these unprecedented times and permitted such an abbreviated tenure. However, this shortened visit also meant that less could be accomplished in the lab.

I brought van der Waals heterostructures and monolayer materials that were synthesized by MBE in my lab at the University of South Florida to ISSP. We were planning to characterize proximity effects and local magnetic properties by spin polarized low temperature STM. However, we faced challenges in re-establishing the clean surfaces required for the atomic scale studies. I was impressed by the thoroughness and commitment of Assistant Prof. Masahiro Haze to succeed against all the challenges. In the end, although we could not obtain the desired results during my truncated visit, we learned about sample treatment and what is required for future experiments to succeed. Thus, I believe the visit was fruitful in terms of better understanding the experimental details. Armed with this insight and my broader appreciation of the research goals in Prof. Hasegawa's group we aim at expanding our collaborations and providing more appropriate samples. As known from the start, there exist exciting synergies between the surface science and materials synthesis efforts in my group and the world class low-temperature/high magnetic field scanning tunneling microscopy facilities for probing local quantum properties at ISSP. The visit at ISSP helped us in formulating new ideas and considering opportunities in designing of van der Waals quantum heterostructures. Back at my home institution in Florida, this will lead to efforts in synthesizing such nanostructures that can be investigated with the know-how and instrumentation available at ISSP. Overall, while there has not been any tangible research result from my visit yet, I am very pleased with the intellectual impact, and I am confident about our continuing collaboration.

In addition to my interactions at ISSP, I had opportunities to travel in Japan and give seminars and visit research labs at University of Tokyo (Hongo campus), Tohoku University, and Kyoto University. I was impressed by the Japanese hospitality wherever I visited and enjoyed learning first-hand about research in Japan.

Finally, I was also fortunate to be able to share my visit with my family and together enjoy Japanese landmarks and culture at weekends. From climbing Mount Tsukuba, hiking in Hakone National Park, to seeing the Great Buddha (Daibutsu) of Kamakura, there is no question that this summer will leave a lasting impression on me and my family.

In conclusion, this visiting Professor program is a fitting approach for a world-renowned institution like ISSP to further international collaborations and facilitate scientific communications. I applaud ISSP for having the vision of establishing this program and thus support scientific and cultural exchanges between Japan and the rest of the world.

研究会報告

物性研究所スパコン共同利用・CCMS 合同研究会「計算物質科学の新展開」

物質設計評価施設　　野口 博司

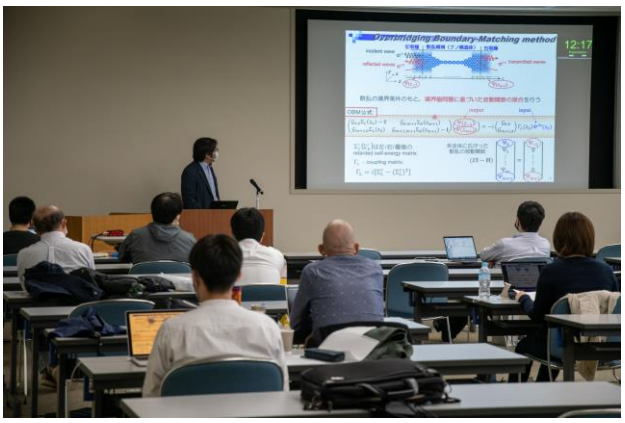
日時：2022 年 5 月 12 日（木）13 日（金）
場所：物性研究所本館 6 階 大講義室(A632) ハイブリット開催
主催：東京大学物性研究所スーパーコンピュータ共同利用、計算物質科学研究センター
協賛：計算物質科学人材育成コンソーシアム PCoMS
所内組織委員：野口博司、尾崎泰助、川島直輝、杉野修、福島鉄也、井戸康太、河村光晶、春山潤、福田将大、森田悟史
所外組織委員：大場史康（東京工業大学）、小野倫也（神戸大学）、渡辺宙志（慶応義塾大学）、樋口祐次（九州大学）

物性研究所のスーパーコンピュータ共同利用の成果報告と計算物質科学研究センター(CCMS)のシンポジウムを合わせた物性物理の大規模計算に関する研究会をハイブリット形式で開催した。研究会では、特別招待講演 2 件、招待講演 14 件、32 件のポスター発表が行われ、現地参加は 5/12（木）30 名、5/13（金）27 名（計 34 名）、オンラインを含む全参加登録者 137 名（オンラインの最大同時接続者 75 名）の参加者があった。

招待講演は 1 名を除き現地発表で行い、ズームで同時配信を行った。ポスター発表はズームのブレイクアウトルームを用いたオンライン形式で行った。質疑応答では、現地参加者だけでなく、オンライン参加者からも多くの質問があり、活発な議論が行われた。

特別講演は最近注目されているマテリアルインフォマティクスについて、物質・材料研究機構の高野義彦先生と東京大学の渡辺悠樹先生にご講演していただいた。高野先生には第一原理計算や機械学習と実験を効率的に組み合わせた新材料探索について、渡辺先生には対称性指標を用いたトポロジカル絶縁体・超伝導体物質探索について、わかりやすく説明していただいた。また、招待講演では、永久磁石から、複合酸化物材料、グラフェン、準結晶と幅広い対象について最近の研究が報告された。計算手法も第一原理計算や大規模分子動力学計算を始め、量子コンピューティングや機械学習と、幅広い手法において、最近の発展が報告された。

また、物性研スパコンの利用促進のためのソフトウエア高度化プロジェクトを平成 27 年度から物性研で行なっているが、今回は不規則系で配置サンプリングを実行するためのソフトウェアフレームワーク(abICS)と、量子格子模型のテンソルネットワーク法ソルバー(TeNeS)の開発について、笠松秀輔先生と森田悟史先生による講演が行われた。



5月12日（木）		
13:00～13:10	開会挨拶	
13:10～13:35	赤井 久純（東京大学）	座長 尾崎 泰助
	永久磁石材料の開発 ― 第一原理電子状態計算の観点から	
13:35～14:00	新屋 ひかり（東北大学）	
	KKR 法に基づくスピントロニクス材料の理論研究	
14:00～14:25	笠松 秀輔（山形大学）	
	On-lattice ニューラルネットワークモデルによる複合酸化物材料の第一原理基熱力学解析	
14:25～14:40	休憩	
14:40～15:30	高野 義彦（物質・材料研究機構）	座長 野口 博司
【特別講演】	マテリアルズインフォマティクスを用いた新材料探索	
15:30～15:55	吉野 元（大阪大学）	
	深層パーセプトロン学習における熱平衡化	
15:55～16:10	休憩	
16:10～18:10	ポスター発表（ブレイクアウトルーム）	

5月13日（金）		
10:00～10:50	渡辺 悠樹（東京大学）	座長 川島 直輝
【特別講演】	対称性指標の方法のトポロジカル絶縁体・超伝導体物質探索への応用	
10:50～11:05	休憩	
11:05～11:30	御手洗 光祐（大阪大学）	座長 杉野 修
	古典シミュレート可能性を用いた古典最適化変分量子アルゴリズム	
11:30～11:55	江上 喜幸（北海道大学）	
	第一原理電子輸送特性計算の大規模化に向けた高速 Green 関数計算手法の開発と応用	
11:55～12:20	只野 央将（物質・材料研究機構）	
	自己無撞着フォノン理論による構造相転移温度の第一原理計算	
12:20～13:30	昼食	
13:30～13:55	明石 遼介（東京大学）	座長 河村 光晶
	高度電子状態計算における一様ガス極限	
13:55～14:20	丸山 実那（筑波大学）	
	複合構造の低次元物質の物性制御	
14:20～14:45	竹森 那由多（大阪大学）	
	ハイパーマテリアルにおける弱結合超伝導	
14:45～15:10	大槻 東巳（上智大学）	
	ritical behaviors of the Anderson transitions in Hermitian and non-Hermitian systems	
15:10～15:25	休憩	
15:25～15:50	浅野 優太（東北大学）	座長 春山 潤
	大規模分子動力学計算による複雑流体中のカルマン渦と音波伝播	
15:50～16:15	中野 裕義（慶應義塾大学）	
	一様せん断流によって誘起される非平衡長距離相関の分子動力学シミュレーション	
16:15～16:40	森田 悟史（東京大学）	
	量子格子模型のテンソルネットワーク法ソルバーTeNeS の開発	
16:40～16:45	閉会挨拶	

ポスター発表（5 月 12 日 16:10～18:10）

P-01　小野 頌太（岐阜大学）動的安定な 2 次元規則合金の 3 次元積層構造も動的安定

P-02　井戸 康太（東京大学）厳密対角化データベース COMPARED の構築

P-03　Wei-Lin Tu（高麗大学）磁場誘起で異方性を含む強磁性体の容易軸軟化

P-04　乾 幸地（東京大学）自動微分を用いたハミルトニアンの自動設計

P-05　増木 亮太（東京大学）非調和フォノン理論に基づく有限温度における構造最適化

P-06　岩本 晴道（鳥取大学）計測データ解析フレームワーク 2DMAT と 2 次元物質構造解析への応用

P-07　池田 達彦（東京大学）固体における離散時間結晶の臨界性と安定性の解析

P-08　内藤 翔太（慶應義塾大学）分子動力学シミュレーションによる共沸現象の解析

P-09　菊地 駿太（慶應義塾大学）分子動力学を用いた界面張力における自然長依存性の調査

P-10　春山 潤（東京大学）Pt 表面の H_2O 吸着層構造の第一原理計算による解析

P-11　中西 章尊（山形大学）ニューラルネットワークポテンシャルを用いたジルコニウム酸窒化物と水界面の構造解析

P-12　四辻 捷（慶應義塾大学）分子動力学シミュレーションの並列化におけるロードインバランスの改善

P-13　飯倉 啓介（慶應義塾大学）J_1-J_2 フラストレートイジング模型の非平衡緩和解析

P-14　篠原 康（東京大学）高強度光で励起された半導体の電子エネルギー分布の第一原理計算

P-15　Shibghatullah Muhammady（東京大学）Nitrogen doping and oxygen vacancy effect on the oxygen reduction reaction on monoclinic and tetragonal zirconia surfaces

P-16　中西 亮（東京大学）結合分子を介したクロマチンのクラスター形成

P-17　諏訪 秀麿（東京大学）有向ワームアルゴリズムの開発と古典スピン系への応用

P-18　柿澤 文哉（埼玉大学）カゴメ格子上の J_1-J_2 古典 XY 反強磁性体における新奇相転移

P-19　石井 浩平（東京大学）Allen-Heine-Cardona 理論の拡張とバンドギャップ補正への適用

P-20　Yuansheng Zhao（東京大学）Accelerating Simulated Annealing with Data Assimilation Application to Amorphous Ice

P-21　品岡 寛（埼玉大学）sparse-ir: sparse-modeling library for imaginary-time propagators

P-22　天野 智仁（東京大学）ルチル型 TiO_2 における格子誘電関数の第一原理的研究

P-23　石川 卓門（東京大学）量子モンテカルロ法を用いたスピンホール磁気抵抗効果の数値計算

P-24　鈴木 義和（筑波大学）アルカリメタリン酸およびアルカリ土類メタリン酸化合物の振動スペクトル再評価

P-25　谷 水城（東京大学）Vlasov 方程式に基づく高強度レーザー下の金属電子ダイナミクスシミュレータ開発

P-26　冨山 翔平（東京大学）分子シミュレーションにおける自由エネルギー計算手法の再重プロセスの二次補間による改良

P-27　松谷 健太（山形大学）ニューラルネットワークポテンシャル分子動力学法を用いた GeO_2 ガラス圧力誘起構造転移の密度汎関数依存性

P-28　河村 光晶（東京大学）感受率・遮蔽交換積分・スピン揺らぎ積分のウルトラソフト擬ポテンシャルへの拡張

P-29　福田 将大（東京大学）DFT による歪み下の Au_2S 単層の構造・物性の解析

P-30　櫻井 理人（埼玉大学）量子古典融合アルゴリズムを用いた虚時間相関関数の計算

P-31　片岡 佑太（東京大学）第一原理計算による水素の量子表面拡散の研究

P-32　小田 竜樹（金沢大学）スピントロニクス材料と磁気形状記憶合金の電子構造計算

ISSP ワークショップ

「1000 テスラ超強磁場科学の開拓」　開催報告

附属国際超強磁場科学研究施設　　松田 康弘

物質科学は現代社会の基幹技術を支えている。磁場をコントロールすることは物質中の電子を量子力学から理解するための強力な手段であり、2 度のノーベル賞を受賞した量子ホール効果の発見や、MRI などの重要な応用例からも、物質科学において磁場が果たす役割は大きいことがわかる。さらに、宇宙には白色矮星や中性子星などで 10^5 ~ 10^{11} T の極限的超強磁場が存在し、ビックバン後の生命誕生において磁場が鍵となる可能性も提案されるなど、物性や生命現象を含む科学全般の発展において極限的強磁場の果たす役割は大きいと考えられる。しかし一方で、多くの世界の強磁場施設において利用可能磁場は技術的理由により 100 T 以下に制限されており、それ以上の強磁場が引き起こす現象や効果については十分明らかになっていない。

磁場によるマクスウェル応力は 100 T で鋼鉄の強度限界の 4 倍に達し、100 T を大きく超える磁場発生にはマグネットの破壊を伴う。2018 年に東京大学物性研究所において、破壊型磁場発生技術である電磁濃縮法を用いて 1200 テスラの世界記録が達成された。磁場が電子スピンに及ぼすエネルギーは温度換算で 1000 T において 1350 K(= 1077 ℃)であり、鉄のキュリー温度やアルミなどのいくつかの金属の融点を超える。地球上で安定に存在する物質が 1000 T 磁場によって凝縮状態に非摂動的影響を受け、新しい性質を発現する可能性は大きい。

固体の性質は結晶構造で決定され、原子の凝縮形態は、共有結合、イオン結合、金属結合、水素結合、ファンデルワールス結合と分類される結合様式で理解されている。磁場はパウリの排他原理などを介して、凝縮形態に本質的に重要な影響を与えると期待される。さらに、バンド電子の軌道運動の量子化や、イオン芯の振動量子であるフォノンへの磁場効果によっても従来とは本質的に異なる磁場誘起現象が発現する可能性がある。

2022 年 6 月 10 日、11 日の 2 日間にわたり、ISSP ワークショップとして「1000 テスラ超強磁場科学の開拓」と題した zoom によるオンライン研究会を開催した。本研究会の目的は、磁性体、誘電体、半導体・半金属、分子性固体、高分子・タンパク質などを対象として、1000 T の磁場が固体の凝縮状態に与える影響について、広くその可能性について検討・議論することであった。強磁場物性科学の現状について整理するとともに、化学結合への磁場効果や、ハドロン物理や宇宙プラズマ、生体物質への磁場効果まで視点を広げ、超強磁場が原子間の結合状態に与える効果とそれにより発現が期待される現象について討論した。講演は招待講演者に加えて、一般講演も募集し、以下に示すプログラムで開催した。2 日間を通して 115 人の申込みがあり、初日は112 人、2 日目は 86 人の参加者があった。研究の現状と向かうべき方向性について整理でき、今後の 1000 T 科学の開拓に向けて意義深い研究会となった。

プ ロ グ ラ ム

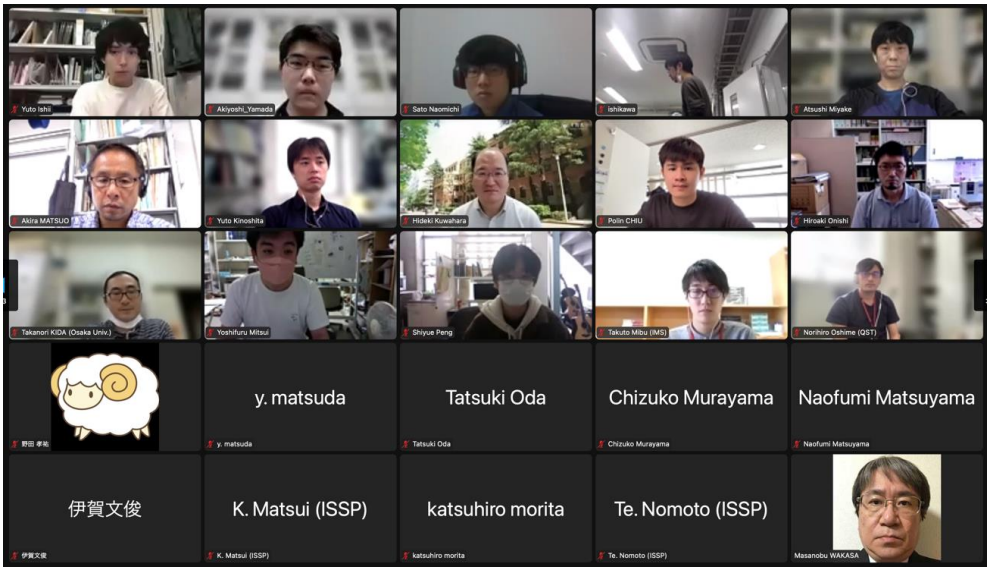
2022 年 6 月 10 日（金）

1. はじめに：1000 テスラ科学の開拓にむけて：松田 康弘（東大物性研）
2. スピン格子結合観察で拓く 1000 テスラ超強磁場科学：池田 暁彦（電通大）
3. 励起子絶縁体におけるスピン輸送：那須 譲治（東北大）
4. Scientific experiments in Megagauss fields in Europe: state-of-the-art and future challenges：Oliver Portugall（EMFL-LNCMI/ 東大物性研）
5. 超強磁場における化学の可能性：野原 実（広島大）
6. 磁場中の 1 次元量子スピン液体相・スピンネマティック液体相・スピンパイエルス相における熱的スピン流：佐藤 正寛（千葉大）
7. SrCu2(BO3)2 における飽和磁場までの超音波測定：野村 肇宏（東大物性研）

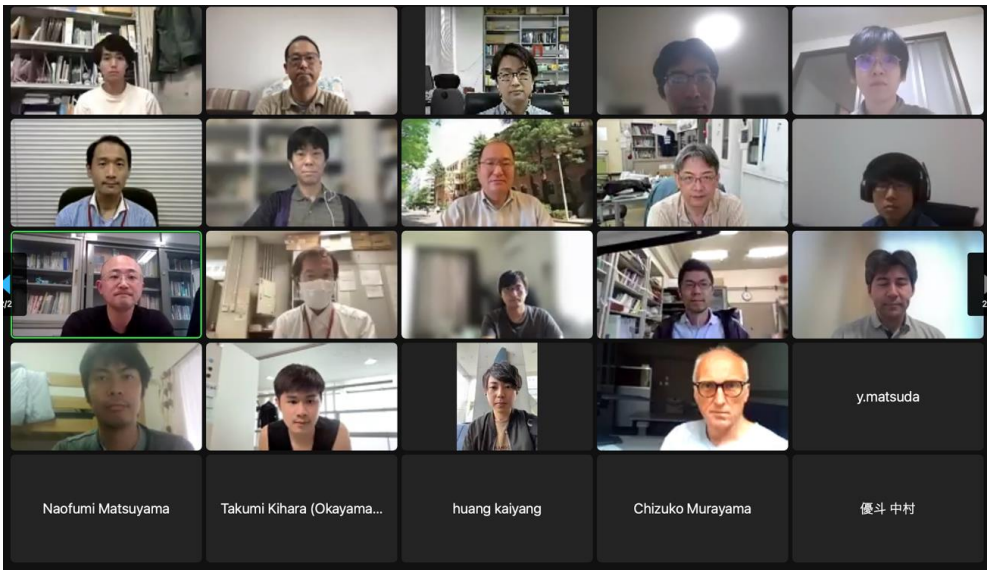
8. 非平衡過程を経由した準安定電子相の生成：大池 広志（東大）
9. Bi0.5Ca0.5MnO3 における超強磁場による逐次的な電荷秩序の融解 ：石井 裕人（東大物性研）
10. Superconducting-normal transition of cuprate superconductor thin films in ultrahigh magnetic fields
: Peng Shiyue（東大物性研）
11. 空間反転対称性が破れた物質の非相反方向二色性：木村 尚次郎（東北大）
12. 誘電体の構造物性の現状：大和田 謙二（量子科学技術研究開発機構）
13. 準弾性・非弾性光散乱で観る強誘電性相転移：塚田 真也（島根大）
14. 強誘電体の磁場応答について：富田 裕介（芝浦工大）

2022 年 6 月 11 日（土）
1. 磁場中固体電子の行列力学：伏屋 雄紀（電通大）
2. トポロジカル絶縁体 BiSb 合金の磁場誘起絶縁体状態：徳永 将史（東大物性研）
3. 磁性・極性を有するディラック・ワイル半金属の強磁場輸送現象：酒井 英明（阪大）
4. 量子臨界的な Dirac 電子系における反磁性：多田 靖啓 （広島大／東大物性研）
5. 時間振動磁場によるランダウ準位：岡 隆史 （東大物性研）
6. RuP の金属絶縁体転移における直線三量体分子軌道形成：平井 大悟郎（名古屋大）
7. vdW-DF+U 法による固体酸素の磁場誘起相転移の第一原理的記述：笠松 秀輔（山形大）
8. 不対電子を有する分子性物質が示す磁気・電気・光機能：草本 哲郎（分子研）
9. キラリティー・極性・金属イオン配列を制御した有機半導体の機能探索：宮島 大吾（理研）
10. 生物の光受容を支えるロドプシンの多様な性質と機能：永田 崇（東大物性研）
11. 分子生物学と物性物理学的観点からの生体磁場効果の検討：三田村 裕幸（東大物性研）
12. 極限的強磁場下におけるハドロン物質：山本 直希（慶応大）
13. パルス磁石と Fabry-Pérot 共振器を用いた真空複屈折の探索 ：上岡 修星（高エネ研）
14. パワーレーザーを用いた実験室宇宙物理学：レーザー宇宙物理学：坂和 洋一（阪大）
15. おわりに：松田 康弘（東大物性研）

6 月 10 日（金）午前最後のセッション後の写真撮影



6 月 11 日（土）の午前最後のセッション後の写真撮影


y.matsuda
Naofumi Matsuyama
Takumi Kihara (Okayama...
huang kaiyang
Chizuko Murayama
優斗 中村

第 67 回物性若手夏の学校開催報告

東京大学大学院 理学系研究科 物理学専攻　　井原 悠雅

1. はじめに

物性若手夏の学校は日本最大規模の物性科学サマースクールである。1956 年に第 1 回が開催されて以降、物性分野に関心を持つ全国の大学院生を中心とした若手研究者を毎年多く集めている。物性科学は今や化学や生物学といった様々な分野ともつながる広大な研究領域であり、日々急速な発展を続けている。したがって物性に関わる学生がその研究領域の全体像をつかみ、自身の専門分野と隣接する膨大な研究の進展を把握することは困難である。物性若手夏の学校はこのような課題を解決するために、物性科学の広範な領域をカバーした学習・発表・交流の機会を提供している。

第 67 回物性若手夏の学校は 2022 年 8 月 2 日(火)から 5 日(金)までの 4 日間にわたってオンラインで開催された。今回はスタッフ 22 名、一般参加者 374 名、講師 19 名の計 415 名の方々に参加していただいた。講師の先生方によるご講演と一般参加者による発表の両者で盛んに質疑応答や議論が行われた。また参加者間の交流を促すいくつかの企画を通して、オンライン開催でありながらも参加者同士が積極的に交流を行った。

2. 企画報告

第 67 回物性若手夏の学校のプログラムを以下の表に示す。以降、各企画の詳細について説明する。

表 1：プログラム

	8 月 2 日	8 月 3 日	8 月 4 日	8 月 5 日
午前	開校式・各種ツールの説明 (11:00～12:00)	講義 1 (9:00～12:00)	講義 2 (9:00～12:00)	講義 3 (9:00～12:00)
午後 1	集中ゼミ 1 (13:00～16:00)	クイズ大会 (13:00～14:30)	特別講演 (13:00～15:00)	座談会 (13:00～14:00)
午後 2	グループセミナー (16:30～19:00)	分科会 (15:00～18:10)	集中ゼミ 2 (16:00～19:00)	閉校式 (14:10～14:25)
夜		懇談会 (20:30～22:00)		

2.1 講義・集中ゼミ

物性若手夏の学校では物性と関連した様々な分野で活躍される先生方をお招きし、講義・集中ゼミを行っている。物性科学が関わる広範な領域をカバーするために、毎年多くの先生方にご協力いただき、複数の講演を同時並行で開催している。これらの講演を 1 番の目的として夏の学校に参加する学生も多く、物性若手夏の学校の恒例企画となっている。

講義は長時間の講演を通して各参加者が関心を持つ分野の基礎から最先端までを体系的に学ぶことを目的としており、3 時間×3 日間の合計 9 時間にわたって実施される。6 名の講師による講義が同時並行で行われ、参加者は最も興味がある講義を 1 つ選択する。また集中ゼミは短時間の講演を通して最新の研究の動向について幅広い知識を獲得することを目的としており、3 時間の講演が実施される。集中ゼミは 2 日間行われ、それぞれの日程で 6 名ずつ、計 12 名の講師が講演を行い、講義と同様に参加者は希望の講師を選択し参加する。

第 67 回物性若手夏の学校では講義・集中ゼミは Zoom を用いて開催された。今回の講師と講演題目は以下の通りである。いずれの講演も参加者から非常に好評を集める結果となり、講義に関しては「基礎的な事項から体系的に理解するこ

とができた」、集中ゼミに関しては「最新の進展への興味深い知見が得られた」といった声を多くいただいた。またどの講演でも参加者からの質疑に積極的にご回答いただき、オンライン開催ながらも双方向の授業を実現していただいた。

表 2：講師・講演題目一覧

	講師（敬称略）	題目
講義	矢花 一浩	フェムト・アト秒スケールの実時間第一原理計算
	佐藤 昌利	トポロジカル超伝導体とその周辺
	今田 真	磁性体と強相関電子系の電子分光とスピン・軌道角運動量
	作道 直幸	高分子ゲルの熱力学
	北村 想太	周期駆動量子系の物理
	東 浩司	量子情報と量子インターネット
集中ゼミ 1	岡本 博	強相関電子系の超高速光誘起相転移
	小澤 知己	人工量子系の物性物理とトポロジカル物性
	日置 友智	磁化ダイナミクスのコヒーレンスとスピントロニクスの展望
	柳澤 実穂	細胞を擬２次元膜で包まれたミクロ３次元液滴として理解する
	加藤 晃太郎	量子スピン系における量子情報理論的アプローチ
	大野 圭司	半導体中の局在スピンとその量子技術への応用
集中ゼミ 2	佐藤 琢哉	光で磁性体を超高速に制御する
	桂 法称	実験数理物理学入門
	與儀 護	核磁気共鳴の基礎と希土類化合物研究への応用
	坂上 貴洋	クロマチンの物理
	西口 大貴	アクティブマター物理学：集団運動の秩序とゆらぎ
	羽田野 直道	非エルミート量子力学入門
特別講演	高三 和晃	非平衡物質相の物性物理学
		”海外で研究すること”について　海外ポスドクを３年やって日本に戻ってきたイチ研究者の視点から

2.2 特別講演

今回は例年と異なる試みとして、特別講演という企画を開催した。特別講演は参加者が研究との向き合い方や研究者としての国内外でのキャリア形成に関して 1 つの参考を入手することを目的として実施された。今回は海外で活躍された経験があり比較的参加者と年が近い高三和晃先生をお呼びした。講義や集中ゼミが専門的な内容を主題とするのに対し、特別講演では「海外で活躍されるまでの経緯」や「日本と海外での研究の仕方の違い」などの非専門的なトピックもメインとしたお話をしていただいた。Zoom Webinars を用いて行われた講演は 45 分ずつの 2 部構成で、前半は先生の研究テーマについて物性物理学以外のバックグラウンドを持つ参加者でも気軽に聞けるようにお話しいただいた。後半は参加者から事前に募集した海外での研究についての質問にご回答いただきつつ、先生自身のご経験をお話しいただいた。

どちらの部でも活発に質疑応答が行われ、大変盛況のうちに終了となった。終了後の参加者アンケートでは、「海外での研究生活について具体的なイメージを持つことができた」、「研究テーマや研究そのものとの向き合い方が大変勉強になった」、「講義とは違った研究者の生の意見を聞くことができた」といった意見を多くいただき、非常に好評であったことがうかがえた。

2.3 分科会・グループセミナー

第 67 回物性若手夏の学校では参加者の発表、議論、交流の場として分科会、グループセミナーを開催した。分科会は参加者が自身と近い立場の聴衆に向けて気軽に研究発表を経験することを目的とし、Zoom を用いて日本物理学会の口頭

発表の形式で行われた。グループセミナーは分科会と比べて議論と交流に重きをおいた企画であり、4～5 人ずつのグループに分けられた参加者が研究紹介や関心のあるテーマについての発表およびそれを踏まえた議論を各人 30 分ずつ行った。なおグループセミナーは Remo を用いて実施された。

今回の分科会には 60 名の発表者と 200 名近い聴衆が集まり、初のオンライン開催となった前回の発表者 38 名を大幅に更新する結果となった。また発表者と聴衆の間で活発な質疑応答が行われた。参加者の投票によって部門ごとに最優秀発表者を決定し、藤原孝輔氏、水越優氏、本多寛太郎氏、森達明氏、嶋本大祐氏、吉田旭氏、中石海氏、矢田季寛氏が受賞した。

また今回のグループセミナーには 148 名が参加し、自由度の高い発表形式と気軽に質問ができる環境から活発な意見交換が行われた。オンライン開催により参加者間の交流や議論の機会が減少したことを考慮し、前年とはスケジュールを変更し初日の最終企画として配置したが、これにより議論の延長が可能となりのびのびと議論ができる状況を作ることができた。

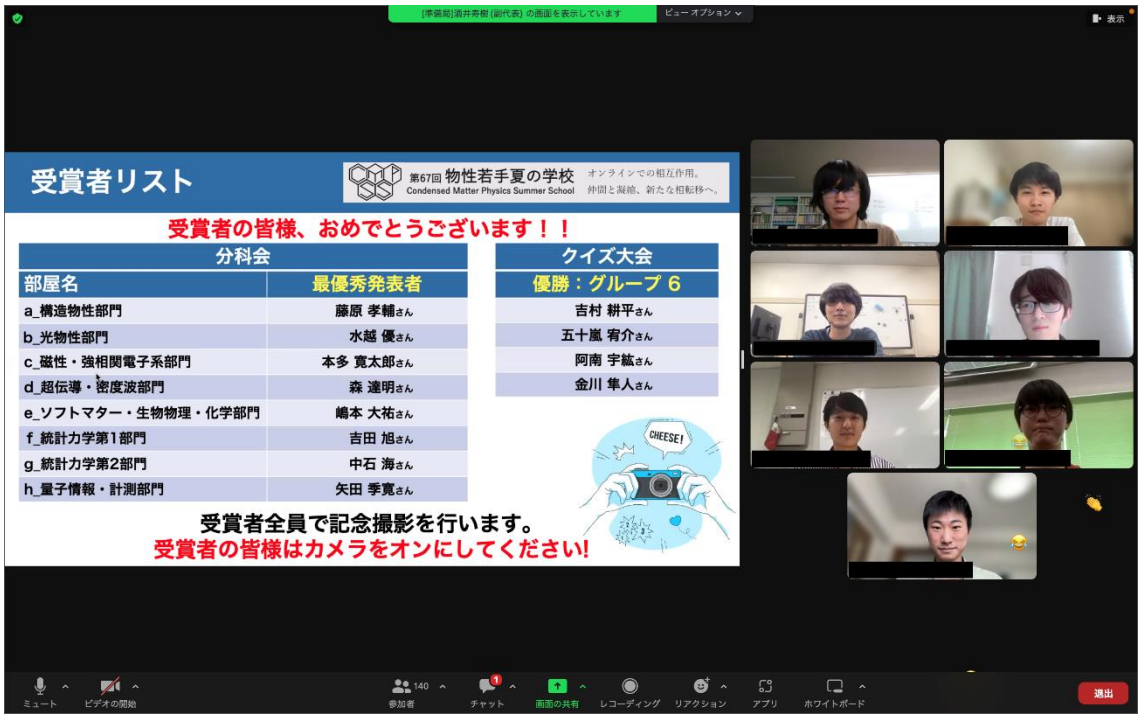


写真 1：表彰者

2.4 クイズ大会

今回は例年と異なる試みとして、クイズ大会という企画を開催した。クイズ大会はオンライン開催において参加者同士の交流が浅くなりやすいという問題を踏まえ、レク企画を通して参加者間の交流のハードルを下げる事を目的として実施された。企画には Remo が用いられ、3～4 名のグループに分けられた参加者がグループメンバーと協力しながら広い意味で物性にまつわる計 15 問のクイズに解答するという形式で行われた。

開催後のアンケートでは「クイズを通して他大学の学生と交流ができた」、「雑談のきっかけとなり話しやすかった」といった意見を多くいただくことができた。このように今回は初のオンライン開催となった前年の反省を活かし、レク企画を通してオンライン開催での参加者間の交流を促進することができた。

2.5 懇談会・座談会

懇談会は参加者間の交流の場を提供することを目的とし、Remo を用いて参加者同士が飲食をしながら自由に議論する形式で実施された。座談会は講師の先生方に普段中々聞けない質問を投げかけることで、学生が中心である参加者の悩みを解決することや今後の指針となり得るような知見を提供することを目的として Zoom を用いて開催された。

懇談会では企画終了後も会場を開放し、深夜、早朝まで参加者が残っているなど盛況を博していた。また当日以外の1, 3 日目にも企画終了後に Remo 会場を開放したが、多くの参加者や何名かの講師の先生方が集い、交流を深めていた。

座談会では計 7 名の先生方にご登壇いただき、日常生活のことやキャリア形成に関することなど様々な質問に対してご回答をいただけた。開催後のアンケートでは、「先生方の研究人生や考え方に感銘を受けた」といった意見を多くいただけるなど、有意義な会となったことがうかがえた。

写真 2：座談会の様子

3. 総括

第 67 回物性若手夏の学校は、第 66 回に続いて史上 2 度目のオンライン開催となった。オンラインの強みと前回の反省を活かした運営を行うことで、前年と比べ百数十名も多くの参加者を集め、これまでで最大規模の夏の学校にすることができた。これにより今年の夏の学校はこれまで以上に物性科学と関連した様々なバックグラウンドを持つ参加者が議論、交流を行う非常に貴重で有意義な会となった。私自身、生物に関連した研究を行っているが、この夏の学校では物性物理学や量子情報といった普段あまり触れることのないお話をうかがうことができ、大変刺激を受けた。

オンラインでの開催に関しては試験や実験の都合から現地での参加が難しいという多くの方々にご好評をいただいた。実際に、大学院入試を控えた学部生や博士課程の学生、さらには社会人に至るまで、例年と比べ幅広い年齢層の参加者が集まっていた。また、新企画や運営方針など、オンラインでも参加者間の交流を促進するための新たな取り組みを評価する声を多くいただいた。今回のオンラインでの成功を踏まえ、今後の夏の学校でもより多様な参加者が集い、積極的な議論や交流が行われることを願っている。

一方、前回に引き続きオンライン開催における問題も見受けられた。特に、グループセミナーやクイズ大会などで直前あるいは無断の参加キャンセルが多く発生した。遠征の必要がなく気軽に登録ができる分、オンラインでの開催ではこのような参加者の影響をできる限り小さくする運営を行っていく必要があると痛感した。また、依然として対面での開催を切望する意見も多くいただいている。オンラインの利便性とオンサイトの濃密さを踏まえ、来年度以降のオンサイト開催やハイブリッド開催を積極的に検討していく所存である。

早いもので、新型コロナウイルスが猛威を振るい始めてから 2 年半になる。コロナ禍において人々の生活様式や関係性には大きな変化が求められたが、物性若手夏の学校もその開催形式に大幅な変更を強いられた。しかしながら、それによって新たな知見や以前よりも幅広いネットワークが得られたことも確かである。若手研究者間での交流が可能な研究会の意義がよりいっそう大きくなっている昨今の状況下において、物性若手夏の学校はこれらの成果を活用しながら今後益々大きな役目を担うことになるだろう。最後に、第 67 回物性若手夏の学校が過酷な環境下で研究に励む全国の若手研究者達にとって一助となったことを願い、また物性若手夏の学校の末永い発展と皆様の今後益々のご活躍を祈念し、総括を終える。

4. 終わりに

お忙しい中ご講演を引き受けてくださった講師の皆様に深く感謝申し上げます。また今回の夏の学校の開催にあたり、東京大学物性研究所・京都大学基礎物理学研究所・材料科学技術振興財団・東北大学金属材料研究所からのご支援と、応

用物理学会・日本化学会・日本物理学会からのご後援をいただきました。準備局一同を代表し、厚く御礼申し上げます。最後に、心血を注いで運営にあたってくださった準備局の皆様と、今回の夏の学校を大いに盛り上げてくださった参加者の皆様に深く感謝申し上げます。

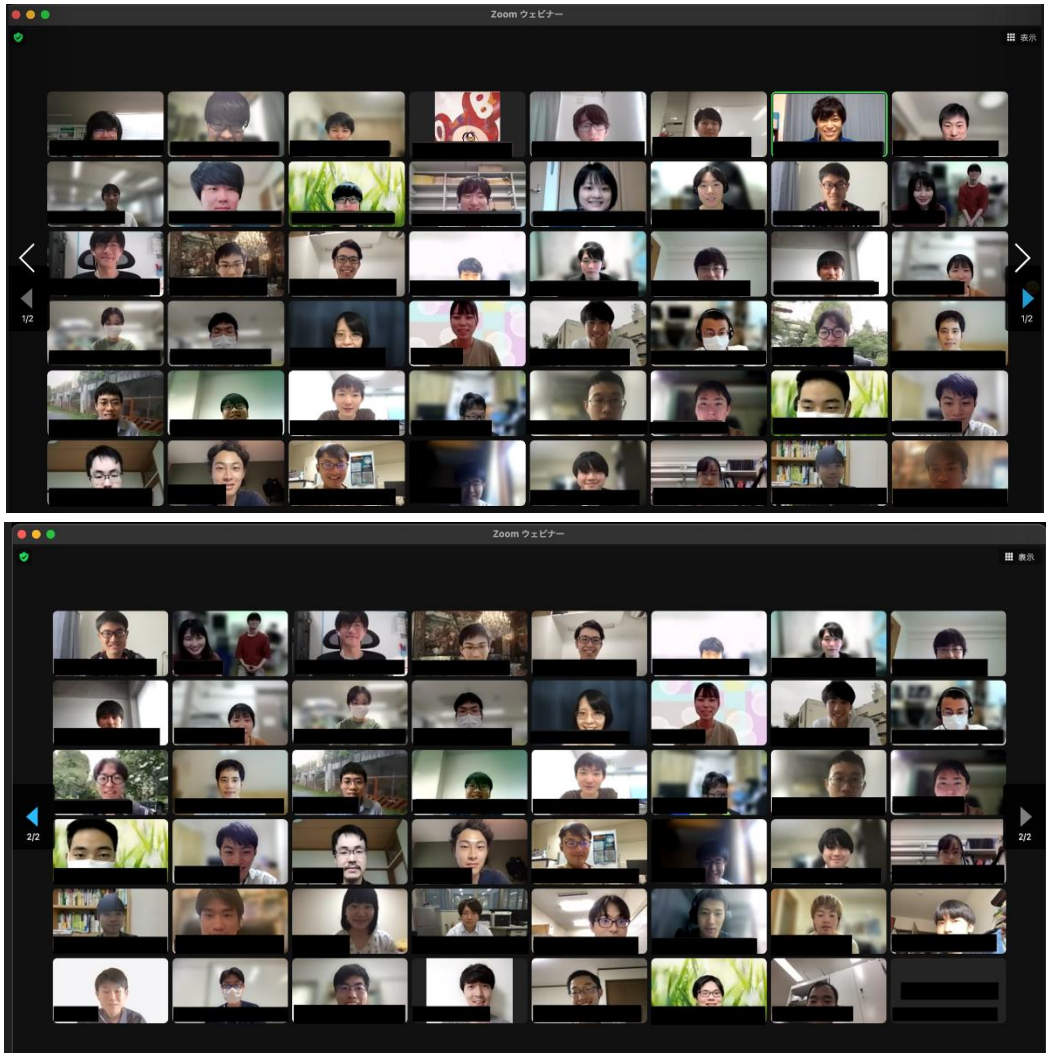


写真 3：閉校式での集合写真

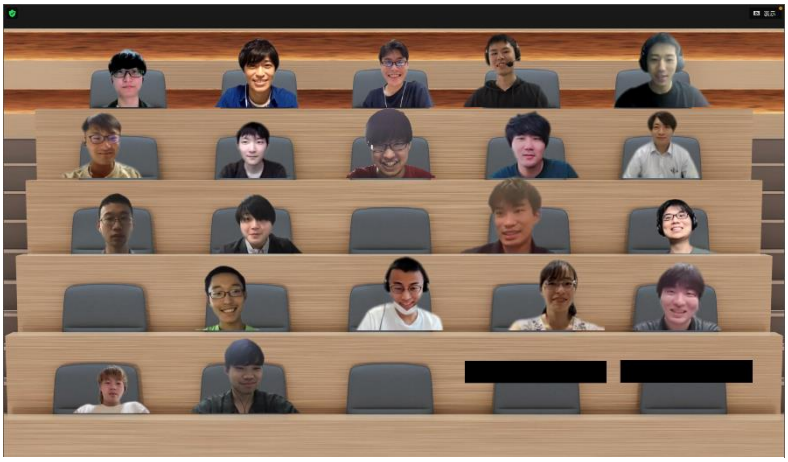


写真 4：準備局スタッフ集合写真

物性研究所談話会

標題：新奇 d 電子系物質の開拓

日時：2022 年 6 月 23 日(木)　午後 1 時 30 分～

場所：Online

講師：岡本 佳比古

要旨：

銅酸化物高温超伝導体の発見に代表されるように、新奇な電子物性や革新的な電子機能を示す結晶性物質の発見は、固体物理学の新時代を拓き続けてきたといっても過言ではありません。講演者はそのような新奇物質の発見を目指して、d 電子が電子物性の主役となる遷移金属化合物を主な対象として、①特徴的な結晶構造・電子構造への着眼、②各種データベースを活用した横断的な物質探索、③様々な合成手法を駆使した試料合成、を組み合わせた物質開拓を行うことにより、高性能熱電変換材料、幾何学的フラストレート物質、トポロジカル物質、熱体積機能性材料、新超伝導体など、様々な興味深い電子物性・機能を示す“新物質”を見出してきました。本講演では、講演者が挙げてきた研究成果のうち、パイロクロア酸化物 CsW2O6 における正三角形分子形成と、低温で高い性能を示す熱電変換材料候補 Ta4SiTe4 を中心に紹介します。CsW2O6 は d 電子のスピン・軌道・電荷自由度、幾何学的フラストレーション、強いスピン軌道結合と電子相関といった様々な要素を併せもつ物質であり、これがユニークな分子形成現象として現れました[1]。Ta4SiTe4 は、低温で高い熱電変換性能を示しますが、これには一次元ファンデルワールス結晶のディラック電子系という、本物質の有する特徴的な結晶構造と電子構造が役立っています[2-4]。談話会では、講演者が今後取り組む新物質開拓の方針についても説明いたします。

[1] Y. Okamoto et al., Nat. Commun. 11, 3144 (2020).
[2] T. Inohara et al., Appl. Phys. Lett. 110, 183901 (2017).
[3] Y. Okamoto et al., Appl. Phys. Lett. 112, 173905 (2018).
[4] Y. Okamoto et al., Appl. Phys. Lett. 115, 043901 (2019).

【講師紹介】

岡本先生は令和 4 年 4 月に物性研附属物質設計評価施設に着任されました。特異な量子現象・革新的な電子機能を示す結晶性固体の新物質探索、新奇 d 電子系物質の開拓、際立った電子物性を示す物質開拓手法の確立について研究されています。本講演では、岡本先生の研究成果のうちパイロクロア酸化物 CsW2O6 における正三角形分子形成と、低温で高い性能を示す熱電変換材料候補 Ta4SiTe4 を中心としたご紹介と、今後取り組む新物質開拓の方針についてご講演いただきました。

標題：ファンデルワールスナノ物質の対称性と新奇物性

日時：2022 年 7 月 28 日(木)　午後４時～午後５時

場所：物性研究所本館 6 階 大講義室（A632）

講師：井手上 敏也

要旨：

層状物質を剥離して得られる原子層数層からなる 2 次元結晶や２次元結晶を組み合わせて得られるファンデルワールス界面、それらが丸まった構造体であるナノチューブといったファンデルワールスナノ物質は、しばしば元の結晶にはないユニークなナノ構造が発現することに加えて、薄膜・デバイス化による大電流密度の実現や電場印加・電気化学的手法等による量子相制御が可能であり、新奇量子物性探索の舞台として近年大きな注目を集めています。講演者はこれまで、特にそのようなファンデルワールスナノ物質の対称性に着目した特徴的物性や機能性の開拓を行ってきました。本講演では、

講演者が報告してきた成果のうち、ナノ物質の対称性の破れを反映した固有の整流現象である非相反伝導現象とバルク光起電力効果の研究を中心に紹介します[1]。非相反伝導現象の研究では、特徴的積層構造を持つ極性物質において非相反伝導の微視的機構を初めて明らかにして本現象の理解を深化させると同時に、本現象が超伝導状態等のエキゾチックな量子相でも普遍的に生じる現象であることを発見しました[2-4]。また、対称性が低下したナノチューブやファンデアワールス界面において、電子の幾何学的性質を反映した大きな光起電力応答が現れることを見出し、ナノ物質の対称性制御が巨大非線形応答を得るための強力な手法であることを示しました[5,6]。談話会では、これらの研究成果に加えて講演者の今後の研究方針や研究展望に関しても説明します。

[1] T. Ideue and Y. Iwasa, Annu. Rev. Condens. Matter Phys. 12, 201 (2021).
[2] T. Ideue et al., Nat. Phys. 13, 578 (2017).
[3] F. Qin et al., Nat. Commun. 8, 14465 (2017).
[4] Y. M. Itahashi et al., Nat. Commun. 13, 1659 (2022).
[5] Y. Zhang et al., Nature 570, 349 (2019).
[6] T. Akamatsu et al., Science 372, 68 (2021).

【講師紹介】

井手上先生は令和 4 年 4 月に物性研凝縮系物性研究部門に着任されました。

ナノ物質の対称性制御を基軸とした新奇物性探索・量子整流現象：非相反伝導現象、超伝導ダイオード効果、バルク光起電力効果、量子相制御：電界誘起超伝導、トポロジカル相転移、磁気秩序制御等について研究されています。

本講演では、井手上先生の研究成果のうちナノ物質の対称性の破れを反映した固有の整流現象である非相反伝導現象とバルク光起電力効果の研究を中心に紹介するとともに、今後取り組む研究方針や研究展望についてご講演いただきました。

標題：Measuring the stress-strain relationship of correlated electron materials
日時：2022 年 8 月 30 日(火)　午後４時～午後５時
場所：Zoom **及び物性研究所大講義室**（A632）（**ハイブリッド開催**）
講師：Clifford W. Hicks
要旨：

It is common procedure to measure the stress-strain relationship of engineering materials, but much less so for correlated electron materials. Reasons that this is a challenging measurement for correlated electron materials include the difficult mechanical properties of many electronically interesting materials, the need for low temperatures, and the need for strains of order 1% to observe interesting electronic effects. In this talk, I will tell you about the stress-strain relationship of the correlated metal Sr2RuO4. Compression along the [100] lattice direction drives the largest Fermi surface through a Lifshitz transition, from an electron-like to an open geometry. We find that the Young's modulus has a sharp dip at this transition, by about 10% of its zero-stress value. This large effect can be explained mostly by band structure effects alone. Beyond the Lifshitz transition, the Young's modulus rises by more than expected. I will also show Hall effect data, that indicate a pronounced change in electron-electron scattering across the Lifshitz transition.

【講師紹介】

１軸歪みは、結晶対称性を容易に低下させることが可能で、競合する秩序状態を選択的に露わに物性に発現させたり、ファン・ホーベ特異点近傍の電子構造を制御し劇的な物性変化を齎したりと、物性研究には欠かせない物理パラメータとして近年注目されている。Hicks 氏は、ピエゾ素子を巧みに組み込み、様々な物性測定装置へ搭載可能とするコンパクトかつパワフルな１軸圧力印加デバイスを開発し、電子構造のリフシッツ転移で超伝導転移温度の上昇を初めとする物性制御を開拓したり、超伝導と競合する３次元的電荷密度波状態を発現させる等で多彩な強相関電子物性を見出すなど、この研究分野を世界的にリードしている。

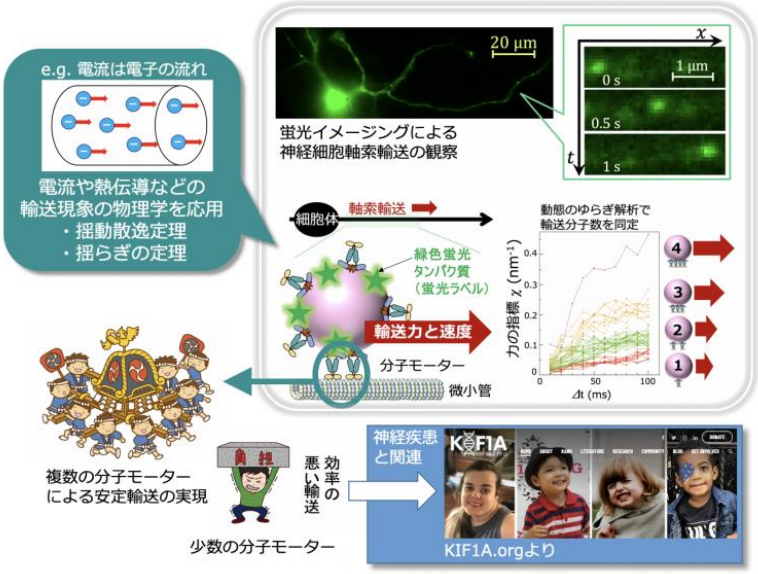
物性研究所セミナー

標題：非平衡統計力学を用いた生体内輸送現象の研究
日時：2022 年 6 月 16 日(木)　午前 10 時～午前 11 時 30 分
場所：Online
講師：林 久美子
所属：東北大学　大学院工学研究科　応用物理学専攻
要旨：

アインシュタイン関係式やグリーン・久保公式に代表される揺動散逸定理（線形応答理論）は、外場の小さい線形応答領域で成立する関係式である。フラストレーションのあるスピングラスや構造ガラス、強い外場で駆動される粒子系では揺動散逸定理の破れが報告されている。揺動散逸定理の破れは生物系でも報告があり、本研究では神経細胞内の軸索輸送という生体内の輸送現象に着目する。

神経細胞は核があり物質合成を行う細胞体とシナプスのある末端領域が長い軸索を介して結合されている。その両末端間の物流を担うのが軸索輸送であり、分子モーター（キネシンとダイニン）が微小管というレールに沿って物質を輸送する。分子モーターは細胞内で、アデノシン三リン酸加水分解で得た化学エネルギーを歩行という力学エネルギーに変換して機能するタンパク質である。神経細胞軸索輸送は蛍光顕微鏡を用いて観察する。本研究では緑色蛍光タンパク質を蛍光ラベルとして用い、輸送動態の非平衡揺らぎ解析のために 10 ms の高速イメージングを行った。

神経細胞内という強い非平衡系では統計物理法則が成り立たず、物性計測が難しくなる。このような状況で、どのように輸送力や輸送速度などの物理パラメータを見積もり、軸索輸送を物理系として理解するかが問題である。また、軸索輸送は神経細胞の物流の要であるため、軸索輸送障害と神経疾患は深い関係がある。本研究では特に KIF1A 関連神経障害としての痙性対麻痺やミトコンドリア病などの疾患メカニズム理解のための取り組みについて話す。物理学、特に非平衡統計力学を医学に役立てる挑戦を紹介した。



標題：Improvement of the Tensor Renormalization Group Methods
日時：2022 年 6 月 17 日(金)　午後４時～午後５時
場所：Online
講師：Dr. Satoshi Morita
所属：ISSP, The University of Tokyo
要旨：

The tensor network (TN) is a powerful tool to calculate and understand strongly correlated many-body problems. The partition function in classical statistical systems can easily be represented as a tensor network. Combining the real-space renormalization group and TNs, the tensor renormalization group method (TRG) provides an efficient contraction scheme for TNs. Information compression based on the singular-value decomposition avoids exponential divergence of a computational cost. In this talk, we will present our recent new ideas in the tensor renormalization group. The first one is a calculation method for higher-order moments of physical quantities such as magnetization [1]. The systematic summation technique provides the recursion formula for coarse-graining tensors including multiple impurities. Our method easily approaches a huge system size which the Monte Carlo method cannot treat. The second one is an efficient algorithm for global optimization technique which improves the accuracy of TRG [2]. By replacing the environment tensor with the corner transfer matrices, we succeed to reduce the order of the computational cost.

[1] Satoshi Morita and Naoki Kawashima, Comput. Phys. Comm. 236, 65–71 (2019).
[2] Satoshi Morita and Naoki Kawashima, Phys. Rev. B 103, 045131 (2021)

標題：Nano Science Seminar: Atomic scale growth and investigation of novel 2D materials
日時：2022 年 6 月 22 日(水)　午後４時～午後５時 30 分
場所：Online
講師：Prof. Matthias Batzill
所属：Dept. Physics, Univ. of South Florida, and ISSP, Univ. Tokyo
要旨：

Modifying bulk surfaces by metal deposition is well established method to create low dimensional materials for fundamental studies of quantum properties. However, the confinement to materials surfaces, makes it challenging to integrate these materials into devices. In contrast to bulk surfaces, van der Waals materials are stable as free-standing 2D sheets in various environments and can be readily manipulated and integrated with other materials. Here we explore if such 2D transition metal dichalcogenides can be modified by metal deposition (similar to bulk surfaces) to create nanostructures with new properties.

2D materials are lacking dangling bonds and thus unlike bulk surfaces, are considered to interact weakly with metal atoms and thus are assumed to favor the agglomeration of atoms into clusters on their surface. Here we show that for some transition metal dichalcogenides (TMDs) this notion of a weak interaction of vapor deposited metals on TMDs is not always true and their 2D-crystal structure can be modified by reaction with vapor deposited metals. We discuss this on the example of two different TMDs, semiconducting Mo-dichalcogenides and semi-metallic PtTe2. For the former we show that Mo-deposition results in the formation of metallic 1D line-defect networks and we discuss the underlying materials physics of their formation [1]. Moreover, the 1D electronic nature of these defects, embedded in the semiconducting host material, is confirmed by angle resolved photoemission spectroscopy that shows signatures of a Tomonaga Luttinger liquid [2]. The modification of MoSe2 can also be expanded to hetero-atoms and these may induce magnetism in the material, forming a diluted ferromagnetic 2D-semiconductor [3]. Finally, for PtTe2 we show

that Pt-deposition converts the 2D-PtTe2 (ditelluride) into metastable 2D-PtTe (monotelluride) [4]. In the monolayer, this enables the construction of a metal/semiconductor junction in 2D materials, whose interface properties can be studied by scanning tunneling spectroscopy.

[1] P.M. Coelho, H.-P. Komsa, H.C. Diaz, Y. Ma, A.V. Krasheninnikov, M. Batzill. Post-Synthesis Modifications of Two-Dimensional MoSe2 or MoTe2 by Incorporation of Excess Metal Atoms into the Crystal Structure. ACS Nano 12, 3975-3984 (2018)

[2] Y. Ma, H.C. Diaz, J. Avila, C. Chen, V. Kalappattil, R. Das, M.-H. Phan, T. Čadež, J.M.P. Carmelo, M. C Asensio, M. Batzill. Angle resolved photoemission spectroscopy reveals spin charge separation in metallic MoSe2 grain boundary. Nat. Commun. 8, 14231 (2017)

[3] P.M. Coelho, H. - P. Komsa, K. Lasek, V. Kalappattil, J. Karthikeyan, M. - H. Phan, A.V. Krasheninnikov, M. Batzill. Room - Temperature Ferromagnetism in MoTe2 by Post - Growth Incorporation of Vanadium Impurities. Adv. Electr. Mater. 5, 1900044 (2019).

[4] K. Lasek, M. Ghorbani-Asl, V. Pathirage, A.V. Krasheninnikov, M. Batzill. Controlling Stoichiometry in Ultrathin van der Waals Films: PtTe2, Pt2Te3, Pt3Te4, and Pt2Te2. ACS Nano doi.: 10.1021/acsnano.2c04303 (2022).

標題：IIS-Kavli IPMU-ISSP Joint Seminar：Pseudo-hermitian Random Matrix Theory: Theory & Practice
日時：2022 年 6 月 28 日(火)　午後 1 時 30 分～午後 2 時 30 分
場所：ハイブリッド開催（Zoom および物性研究所本館 6 階 大講義室 A632）
講師：Prof. Joshua Feinberg
所属：University of Haifa
要旨：

Pseudo-hermitian random matrices form a new class of matrix models lying between the classical Wigner-Dyson ensembles of hermitian matrices and the non-hermitian Ginibre ensembles. These matrices are hermitian with respect to an indefinite metric over some vector space. Consequently, their eigenvalues are either real or come in complex conjugate pairs.

Ensembles of pseudo-hermitian random matrices could be thought of probability measures over generators of the non-compact classical Lie algebras, in complete analogy to classical hermitian random matrices being probability measures over the classical compact algebras.

In this talk I will explain the physical motivation for pseudo-hermitian random matrix theory and present explicit numerical and analytical results pertaining to the average eigenvalue spectrum of a concrete pseudo-hermitian random matrix model in the large-N limit.

標題：超強磁場下の有機分子性固体におけるトポロジカル物性と電子相関効果
日時：2022 年 6 月 29 日(水)　午前 11～午後 0 時
場所：Online
講師：野本 哲也 特任研究員
所属：強磁場コラボラトリー
要旨：

有機分子と対イオンから構成される有機伝導体は、非従来型超伝導や Mott 絶縁体、電荷ガラス、量子スピン液体などの多彩な物性が観測される物理学的に興味深い物質である。中でもα型と呼ばれる有機伝導体は Dirac 型の線形分散バン

ドを有するトポロジカル物質の候補として知られ、”質量の無い”電子に由来する特異な電子物性に注目が集まっている[1]。私たちはこのα型有機伝導体の一つ、α-(BEDT-TSF) 2 I 3 をターゲットとした超強磁場中の物理現象について研究を行っている。本物質は強い電子相関により電荷秩序絶縁体へと金属－絶縁体転移を起こす(T MI = 50 K)と考えられてきた物質であるが、近年行われた分光測定や理論的検証により [2]、電子相関に駆動される特殊なトポロジカル絶縁体状態(トポロジカル Mott 絶縁体)が実現している可能性が指摘されている [3, 4]。最近、パルス強磁場を用いた輸送測定により、α-(BEDT-TSF) 2 I 3 のトポロジカル状態に由来すると考えられる巨大磁気抵抗効果などの異常な輸送特性の観測に成功した。本セミナーではこの物質が強磁場中で示す特異な物性を中心に紹介し、有機分子性固体におけるトポロジカル物性の可能性について議論した。

[1] N. Tajima, S. Sugawara, M. Tamura, Y. Nishio, K. Kajita, Journal of the Physical Society of Japan 75(5), 05101 (2006).
[2] S. Kitou et al., Physical Review B 103, 035135 (2021).
[3] S. Raghu, X. L. Qi, C. Honerkamp, S. C. Zhang, Physical Review Letter 100, 156401 (2008).
[4] D. Ohki, K. Yoshimi, A. Kobayashi, Physical Review B 105, 205123 (2022).

標題：Microscopic investigation of chiral crystals
日時：2022 年 7 月 1 日(金)　午後４時～午後５時
場所：On Zoom and Main Lecture Room (A632) at ISSP
講師：Hiroaki KUSUNOSE
所属：Meiji University and ISSP
要旨：

Chirality is a three-dimensional geometric property which is characterized by the absence of any mirror and inversion symmetry operations. Ten of the thirty-two crystallographic point groups belong to this category, and they must have a time-reversal (T) even pseudoscalar representation [1]. A concrete microscopic representation of the chirality is an electric-toroidal (ET) monopole, G0, which becomes active under proper rotations only [2].

Although a monopole seems to be featureless, the pseudoscalar nature cannot be described by a point-like degree of freedom, implying that it has internal degrees of freedom. Indeed, from symmetry point of view, we can decompose G0 as (R1 x R2)・R3 or (M1 x M2)・R3 and so on, where Ri and Mi are independent electric and magnetic dipoles. In these expressions, the vector products are axial vector which suggests that chiral crystal is able to convert between axial and polar quantities through such internal degrees of freedom.

In order to elucidate such a parity conversion property in chiral crystals, we construct the tight-binding model for the typical chiral system of elemental Te and investigated the microscopic expressions of G0 and possible parity conversion responses, namely, electric-field induced rotation and its inverse responses based on the model [3]. We found that the nearestneighbor spin-dependent imaginary hopping is essential ingredient of chirality and is responsible for the electric-field induced lattice rotation and its inverse process.

The conjugate field of G0 (the spin-dependent imaginary hopping) is the combined fields such as the electric current and magnetic field which must be parallel with each other. Along this line, we discuss that the sign of the product of these quantities can control the preferred handedness of chiral crystals, i.e., absolute enantioselection.
We would like to thank J. Kishine, H. Yamamoto, Y. Togawa, Y. Kato, J. Kishine, A. Kato for fruitful discussions.

[1] L.D. Barron, “Molecular Light Scattering and Optical Activity”, 2nd ed. (Cambridge University Press, 2004).
[2] S. Hayami, M. Yatsushiro, Y. Yanagi, and H. Kusunose, Phys. Rev. B, 98, 165110 (2018).
[3] R. Oiwa and H. Kusunose, arXiv:2203.15192.

標題：磁気スキルミオン格子の生成と構造制御
日時：2022 年 7 月 6 日(水)　午後４時～午後５時
場所：Online
講師：高木 里奈
所属：東京大学大学院 工学系研究科 総合研究機構（物理工学専攻）助教
要旨：

近年、トポロジーの概念を基軸とした物性研究が盛んに行われている。特殊なトポロジーを持つスピン構造である磁気スキルミオンは、粒子としての性質を有し、次世代の磁気メモリにおける情報担体の候補として注目されている。スキルミオンはこれまで空間反転対称性の破れた結晶構造の下で安定化されることが知られてきた。一方、最近では空間反転対称性の保たれた希土類合金中で、従来と比べて一桁小さいナノサイズのスキルミオンが発見され、その起源として遍歴電子に由来する形成機構が新たに提案されている。

私たちは後者の形成機構が働くような新物質探索を進めており、最近、空間反転対称性を有する遍歴磁性体 EuAl4 においてナノサイズのスキルミオン格子状態を発見し、磁場や温度によってスキルミオン格子が正方格子、菱形格子と構造相転移することを見出した。これまでは結晶格子と同じ対称性を持つスキルミオン格子状態のみが観測されていたのに対し、今回の物質ではスキルミオンの配列の自由度があることが明らかとなった。本発表では、ナノサイズのスキルミオン格子の生成とその構造制御について議論するとともに、準安定スキルミオン格子の構造相転移に関する研究も紹介した。

標題：Exotic structures and dynamics of frustrated cholesteric blue phases
日時：2022 年 7 月 8 日(金)　午後４時～午後５時
場所：物性研究所本館 6 階 大講義室（A632）とオンライン（Zoom）のハイブリッド形式
講師：福田 順一
所属：九州大学
要旨：

Cholesteric blue phases (BPs) are complex three-dimensional structures exhibited by a chiral liquid crystal. BPs comprise a regular array of line defects of orientational order (disclination lines) and double-twist cylinders where the orientational order is twisted along all the directions perpendicular to the cylinder axis. BPs have attracted the interest of physicists as a fascinating example of order induced by frustration, here between the locally favorable double-twist ordering, and global constraints that prohibits double-twist ordering to fill the whole space without singularities.

In this talk we present two studies on how geometric frustrations affect the structures of already frustrated BPs. One concerns the behavior of BPs confined by two parallel flat substrates. The interaction between confining surfaces and the liquid crystal (surface anchoring) frustrates the ordering of BPs, and numerical calculations based on a continuum theory demonstrate the formation of various exotic structures not found in bulk BPs. We particularly focus on the formation of half-Skyrmions, swirl-like order without singularity that has been found in diverse condensed matter systems. We discuss the dynamics of half-Skyrmions driven by thermal fluctuations, and how they are observed experimentally.

The other subject is on the frustration by the mismatch of the lattice orientations of BP leading to twin boundaries. Twinning of BPs like martensites has been revealed in recent experiments, but real-space fine structures of twin boundaries are difficult to observe experimentally. Again systematic numerical calculations based on a continuum theory clarify how two BP lattices with different lattice orientation should be connected. We also present our recent attempts towards the dynamics of phase transition associated with twin formation.

References:
A. Nych, J. Fukuda et al., Nature Phys. 13, 1215 (2017).
J. Fukuda et al., Ann. Phys. 534, 2100336 (2022) (Review article).
A. Yamashita and J. Fukuda, Phys. Rev. E 105, 044707(1-9) (2022).

標題：空間反転対称性の破れた磁性体における非相反輸送現象とその逆効果
日時：2022 年 7 月 15 日(金)　午前 11 時～午後 0 時
場所：Online
講師：新居 陽一
所属：東北大学金属材料研究所
要旨：

空間反転対称性と時間反転対称性が同時に破れた物質では、電子や光の性質が進行方向によって異なる非相反現象が生じることがある。主に光や電子を舞台として研究されてきたが、最近ではシフト電流やマグノン・フォノン・超伝導の非相反性など様々な観点で研究されてきている。本セミナーでは、最近の我々の成果として熱流やフォノンにおける非相反輸送現象や非相反性の逆効果を用いて磁化やキラリティを制御した成果などに関して発表した。

標題：因果主導機能分解ネットワーク生成手法のデータスキーマ作成への適用
日時：2022 年 7 月 15 日(金)　午後 4 時～午後 5 時
場所：物性研究所大講義室（A632）及び Zoom（ハイブリッド開催）
講師：木野 日織
所属：（国）物質・材料研究機構
要旨：

実験、理論計算で生成されたデータを再利用するためにデータを FAIR 原理に従い公開するオープンサイエンスの推進は世界的な流れである。データを公開するには共通した・もしくは相互変換可能なデータスキーマ（何をどの型で入れるのか）を用いて公開することが望ましいが、それ以前にデータスキーマ自体に対しては、新規手法に対してもスキーマの追加が容易に行えるような手法の基に作成することが望ましい。

多くのデータスキーマは参照を容易にするように階層構造を成す。このデータスキーマ作成の手法の一つに暗黙知を顕在化し概念を分解するオントロジーがある。オントロジーとは逆に、具体的な目的達成のために暗黙知である機能と手法を顕在化し、知識を統合する因果主導機能分解ネットワーク及び関連手法である対象物属性フローチャート[1]を用いてもデータスキーマとして利用可能な語彙の階層・ネットワーク構造を作成可能である。本セミナーでは第一原理プログラム AkaiKKR そして入出力解析スクリプト PyAkaiKKR に対して適用しデータスキーマを作成した例を紹介した[2]。

標題：The theory of the non collinear kagome antiferromangets and its implications
日時：2022 年 7 月 20 日(水)　午後 3 時～午後 4 時
場所：Zoom **および大講義室（A632), ISSP（ハイブリッド開催）**
講師：Dr. Sayak DASGUPTA
所属：The University of British Columbia and ISSP
要旨：

We construct a field-theoretic description of spin waves in hexagonal antiferromagnets with three magnetic sublattices and coplanar 1200 magnetic order [1]. The three Goldstone modes can be separated by point-group

symmetry into a singlet α0 and a doublet β. The α0 singlet is described by the standard theory of a free relativistic scalar field. The field theory of the β doublet is analogous to the theory of elasticity of a two-dimensional isotropic solid with distinct longitudinal and transverse "speeds of sound." The speeds of sound can be readily calculated for any lattice model. We apply this approach to the compounds of the Mn3X family with stacked kagome layers and extract the exchange coefficients for a model spin Hamiltonian by fitting to neutron scattering data [2]. We then extend our studies to the case of strained system where we show that strain can be used to tune the magnetism and the Hall response of these compounds in both static and dynamic conditions [3,4].

Refs:
[1] S. Dasgupta and O. Tchernyshyov, Phys. Rev. B 102, 144417 (2020)
[2] Y. Chen et al Phys. Rev. B 102, 054403 (2020)
[3] M. Ikhlas, S. Dasgupta et al, Nature Physics (2022) (accepted)
[4] S. Dasgupta, O. Tretiakov, Communications Physics (in review)

標題：光フィードバックによる共鳴トンネルダイオード発振器のモード同期発振
日時：2022 年 7 月 20 日(水)　午前 10 時 30 分～午後 0 時
場所：第 1 会議室＋Zoom
講師：平岡 友基
所属：Bielefeld University
要旨：

共鳴トンネルダイオード(RTD)発振器は、半導体量子井戸である RTD をゲインとして利用した発振器である。電子発振器として最高周波数の 1.98 THz までの連続波発振[1]が可能であり、低コスト・高効率・室温動作可能であることから、将来のテラヘルツ通信などにおけるテラヘルツ光源として有望なデバイスである。

我々は、テラヘルツ光の注入[2]、出力光を発振器自身に戻す光フィードバック[3]といった外部擾乱に対する非線形応答に注目して RTD 発振器の特徴を明らかにしてきた。本講演では主に、光フィードバックによって RTD 発振器がモード同期発振を示し、テラヘルツ周波数コムを発生することを明らかにした研究について紹介する [3]。本研究では、モード同期状態におけるテラヘルツ波形が周波数変調的であることを実験的に明らかにし、また RTD 内部での電子の走行時間に対応する RTD の非線形容量がモード同期を引き起こしていることを回路シミュレーションで示した。

[1] Izumi, R., Suzuki, S. & Asada, M. 1.98 THz resonant-tunneling-diode oscillator with reduced conduction loss by thick antenna electrode. in 2017 42nd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz) 1–2 (ieeexplore.ieee.org, 2017).
[2] Hiraoka, T. et al. Injection locking and noise reduction of resonant tunneling diode terahertz oscillator. APL Photonics 6, 021301 (2021)
[3] Hiraoka, T., Inose, Y., Arikawa, T. Ito, H., and Tanaka, K. Passive mode-locking and terahertz frequency comb generation in resonant-tunneling-diode oscillator, Nat. Commun., in press (Preprint: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-919266/v1).

標題：Classical vs Quantum Heisenberg kagome antiferromagnet materials: an experimental perspective from spectroscopic techniques

日時：2022 年 7 月 21 日(木)　午後４時～午後５時

場所：第 5 セミナー室（A615）及び Zoom（ハイブリッド開催）

講師：Edwin Kermarrec

所属：Université Paris-Saclay

要旨：

The Heisenberg Kagome Antiferromagnet (HKAF) model occupies a central place in the field of magnetic frustration. Very early on, pioneering theoretical studies highlighted its specificity even at a classical level [1]. The quantum case is even more intriguing, with a quantum spin liquid ground-state characterized by long-range entanglement and fractionalized excitations.

In this talk, I will briefly introduce the physics inherent to the Heisenberg kagome antiferromagnet and report our recent work on two new kagome materials, using complementary spectroscopic probes (NMR, muSR and inelastic neutron scattering) to investigate their spin excitations.

The first one is a classical KHAF, the S=5/2 layered monodiphosphate Li9Fe3(P2O7)3(PO4)2 [2]. Thanks to the moderate exchange interaction (J ~ 1 K) between spins, we could experimentally investigate the phase diagram of the classical model under applied fields and evidence the highly sought-after 1/3rd magnetization plateau in a kagome compound. The second one is the S=1/2 quantum KHAF Y3Cu9(OH)18OCl8, the most recent derivative of the emblematic Herbertsmithite, which does not show any dilution or interlayer defects. The slight distortion of its kagome lattice creates three symmetry-inequivalent antiferromagnetic couplings. This S=1/2 anisotropic KHAF model was recently found to host a rich phase diagram with spin-liquid and ordered ground states [3]. I will present the results of our recent investigation using NMR, μSR and neutron scattering techniques performed on single crystals [4].

[1] J. T. Chalker, P. C. W. Holdsworth, & E. F. Shender, Phys. Rev. Lett. 68, 855 (1992).

[2] E. Kermarrec, R. Kumar, G. Bernard, R. Hénaff et al., Phys. Rev. Lett. 127, 157202 (2021).

[3] M. Hering et al., npj Comput. Mater 8, 10 (2022).

[4] D. Chatterjee et al., unpublished

標題：Imaginary-time evolution algorithm on quantum computers and its perspective on quantum chemical calculations

日時：2022 年 7 月 25 日(月)　午後４時～午後５時

場所：Online

講師：松下 雄一郎

所属：東京工業大学 物質・情報卓越教育院

要旨：

Currently, quantum chemical calculations using quantum computers are attracting a great deal of attention. We have been developing algorithms for quantum chemical calculations using quantum computers. In particular, we have recently focused on the imaginary-time evolution method. Note that algorithms using quantum computers must be expressed in terms of unitary operations and observations for each qubit. Therefore, it was a nontrivial problem how to perform the imaginary-time evolution operator, which is a non-unitary operation, on a quantum computer. We have developed a method to implement the imaginary-time evolution algorithm in a form using auxiliary bits and proposed a method of first-quantized eigensolver for quantum chemistry for ground states based on the imaginary-time

evolution method [1]. Furthermore, we have been working on developing algorithms to reduce errors when performing calculations on quantum computers [2]. In this presentation, we will discuss the fundamentals of quantum computers, the implementation of the imaginary-time evolution algorithm, the computational cost of implementing the imaginary-time evolution algorithm for materials calculations, and the error mitigation algorithms we have been developing.

[1] T. Kosugi, Y. Nishiya, and Y. Matsushita, arXiv: 2111.12471 (2021). To be published in Physical Review Research.
[2] Y. Hama and H. Nishi, arXiv: 2205.13907 (2022).

標題：Variational Tensor Network Operator
日時：2022 年 8 月 1 日(月)　午後 1 時～午後 2 時
場所：Online
講師：Yu-Hsueh Chen
所属：National Taiwan University
要旨：

We propose a simple and generic construction of the variational tensor network operators to study the quantum spin systems by the synergy of ideas from the imaginary-time evolution and variational optimization of trial wave functions. By applying these operators to simple initial states, accurate variational ground state wave functions with extremely few parameters can be obtained. Furthermore, the framework can be applied to study spontaneously symmetry breaking, symmetry protected topological, and intrinsic topologically ordered phases, and we show that symmetries of the local tensors associated with these phases can emerge directly after the optimization without any gauge fixing. This provides a universal way to identify quantum phase transitions without prior knowledge of the system.

標題：Photoexcited nonequilibrium dynamics in an excitonic insulator candidate Ta2NiSe5 explored by pump-probe Raman and luminescence spectroscopy
日時：2022 年 8 月 4 日(木)　午前 10 時 30 分～午後 0 時
場所：Room #D120 in ISSP + Zoom (hybrid)
講師：Kota Katsumi
所属：Université Paris Cité
要旨：

In narrow gap semiconductors or semimetals, the Coulomb interaction between electrons and holes may lead to a spontaneous formation of excitons. These excitons are expected to condense and give rise to an unconventional insulating ground state called excitonic insulator [1]. Among the various exitonic insulator candidate materials, Ta2NiSe5 is a prototypical example because it has a direct band gap and has no instability at finite wave-vector, such as charge density wave order [2]. As the temperature is lowered, Ta2NiSe5 displays a semiconductor-to-insulator (SI) transition below the transition temperature Tc = 325 K, which is associated with an excitonic insulator transition due to electronic correlations [2,3,4]. However, the origin of the SI transition has been still elusive because it is accompanied by a structural transition from orthorhombic to monoclinic symmetry [5]. To study whether the SI transition is lattice or electronic-driven, pump-probe optical spectroscopy is a promising technique because it can track the electronic and lattice responses separately.

In this study, we first performed equilibrium emission spectroscopy for Ta2NiSe5. In addition to low-energy electronic and phononic Raman excitations, we found significant photoluminescence (PL) signal whose intensity

sharply increases below Tc, which we assign to enhanced electron-hole interactions in the insulating phase. We further investigated the pump-probe Raman and PL intensity after photoexcitation, where the Raman and PL signals serve as reporters of the lattice symmetry and the insulating gap, respectively. In this talk, we will discuss the results of the pump-probe measurements in light of the lattice-driven versus electronic-driven scenario for the SI.

[1] D. J´erome et al., Phys. Rev. 158, 462 (1967)
[2] Y. Wakisaka et al., Phys. Rev. Lett. 103, 026402 (2009)
[3] K. Seki et al., Phys. Rev. B 90, 155116 (2014)
[4] Y. F. Lu et al., Nat. Commun. 8, 14408 (2017)
[5] F. J. Di Salvo et al., Journal of the Less Common Metals 116, 51 (1986)

標題：有限温度におけるフォノンと結晶構造の第一原理計算：自己無撞着フォノンによるアプローチ
日時：2022 年 8 月 19 日(金)　午後４時～午後５時
場所：物性研究所本館 6 階 大講義室（A632）とオンライン（Zoom）のハイブリッド形式
講師：只野 央将
所属：国立研究開発法人物質・材料研究機構
要旨：

First-principles structural optimization and phonon calculation based on density functional theory (DFT) are widely used and indispensable in modern materials science study. While these approaches are quite powerful for predicting ground state properties, predicting finite-temperature structures and phonons remains challenging because various elementary excitations, particularly phonons, and their temperature dependence need to be considered. In this seminar, we present a self-consistent phonon (SCP) theory [1] and its extension as an effective way to access finite-temperature phonons and structures. We discuss the accuracy and efficiency of the SCP approaches by showing our recent results on CsPbBr3 [2] and BaTiO3 [3].

[1] T. Tadano and S. Tsuneyuki, Phys. Rev. B 92, 054301 (2015).
[2] T. Tadano and W. A. Saidi, arXiv:2103.00745.
[3] R. Masuki, T. Nomoto, R. Arita, and T. Tadano, arXiv:2205.08789.

標題：Classification of classical spin liquid in the large-S limit
日時：2022 年 8 月 22 日(月)　午後１時 30 分～午後２時 30 分
場所：柏図書館メディアホールおよび Zoom
講師：Dr. Han Yan
所属：Rice University
要旨：

Classical spin liquids are arguably one of the most interesting types of classical matter. They are described often by the classical limit of gauge theories (electrostatics) and can be upgraded to topological orders or gapless quantum liquid states if equipped with proper quantum dynamics. In this work, we present a classification scheme for classical spin liquids in the large-S limit. In this limit, the spin components are effectively real scalars, so the spectrum of the Hamiltonian accurately describes its properties. We found that the ground state degeneracy corresponds to flat bands at the bottom of the spectrum, and the flat band's structure crucially decides the physics of the classical spin liquid. When there is a singular band-touching between the top bands and the bottom flat ones, the system has algebraic

correlation. The ground state is then described by a generalized Gauss's law, whose algebraic form is determined by the band touching structure. A much less studied category is when the flat bands are gapped from the top ones. In this case, the correlation is short-ranged, but the classical spin liquid can be distinguished from a trivial paramagnet by the fragile topological homotopy of the bottom bands. Besides building the general mathematical framework of the classification, I will also show some concrete examples and discuss experimental applications.

東京大学物性研究所人事異動一覧

【研 究 部 門 等】

発令日	氏 名	部門・施設名等	職 名	備 考

〈 採 用 〉

R4.7.1	森 亮	附属極限コヒーレント光科学研究センター	助教	Lawrence Berkeley National Lab, Materials Science Division, Lanzara group 博士研究員より
R4.9.1	KIM YONG MIN JOSEPH	附属国際超強磁場科学研究施設	特任教授	檀国大学物理学科 教授より

〈 任期満了 〉

R4.8.3	Batzill Matthias Marcus	ナノスケール物性研究部門	特任教授	南フロリダ大学 教授へ

東京大学物性研究所 特任専門職員（特定有期雇用教職員）募集要項

１．職名及び人数：特任専門職員（技術職）　１名

２．契約期間　：令和５年４月１日～令和６年３月 31 日

３．更新の有無　：更新する場合があり得る。更新する場合は、１年ごとに行う。
更新は、予算の状況、従事している業務の進捗状況、契約期間満了時の業務量、勤務成績、勤務態度、健康状況等を考慮のうえ判断する。ただし更新回数は４回、在職できる期間は令和 10 年３月 31 日を限度とする。

４．試用期間　：採用された日から６月間

５．就業場所　：東京大学物性研究所（千葉県柏市柏の葉 5-1-5)

６．所属　：東京大学物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設（金道研究室）

７．業務内容　：東京大学物性研究所国際超強磁場科学研究施設における電磁石開発の一環として、金道教授と協力して、コイル製作に必要な準備と巻線及び加工業務などを行う。

８．就業日および就業時間：週５日（月曜日～金曜日）
１日７時間 45 分（9:00～17:30　※12:00～12:45 休憩）
※勤務時間については要相談。
※時間外労働を命じることがある。

９．休日　：土・日、祝日、年末年始(12 月 29 日～1 月 3 日)

10．休暇　：年次有給休暇、特別休暇等

11．賃金等　：年俸制を適用（東京大学教職員給与規則に照らし、資格、能力、経験等に応じて決定する)、通勤手当（月額上限 55,000 円)、超過勤務手当、原則毎月 17 日支給

12．加入保険　：文部科学省共済組合、雇用保険に加入

13．応募資格　：ものづくりが得意な方。機械加工の技術を持つことが望ましいが、技術習得の意欲があれば未経験者でも応募可能。

14．提出書類　：（１）東京大学統一履歴書（以下の URL からダウンロードし作成すること。）
https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/about/jobs/r01.html
（２）職務経歴書（様式自由）

15．提出方法　：以下のいずれかにより提出すること
（１）電子メール：件名「金道研特任専門職員（特定有期）応募」にて下記照会先
e-mail: issp-jinji@issp.u-tokyo.ac.jp に連絡し、その後返信される電子メールに記載された書類提出先フォルダに応募書類一式をアップロードすること。
※平日 2～3 日以内に返信メールが届かない場合には総務係へご連絡ください。
（２）郵送：封筒に「金道研特任専門職員（特定有期）応募書類在中」の旨を朱書きし、簡易書留等の配達状況が確認可能な方法で以下照会先宛て送付すること。

16．応募締切　：令和４年 10 月 31 日（月）必着 書類選考の上、面接を実施。

17．照会先　：〒277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
東京大学物性研究所担当：総務係　大平
TEL: 04-7136-3207　e-mail: issp-jinji@issp.u-tokyo.ac.jp

18．募集者名称　：国立大学法人東京大学

19. その他　　：〇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。

〇外為法等の定めにより、国外機関との兼業や外国政府等からの多額の収入があり、本学における研究上の技術の共有が制限される場合には、本学教職員としての職務の達成が困難となる可能性があります。そのため、着任後の兼業等については、本学における研究上の技術の共有に支障のない範囲に留める必要があります。

〇提出書類等は返却しませんので、了解の上、応募または推薦してください。また、履歴書は本公募の用途に限り使用し、個人情報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。

〇受動喫煙防止措置の状況は屋内原則禁煙（喫煙場所設置）です。

令和 4 年 8 月 25 日

東京大学物性研究所長　　森　初果

東京大学物性研究所教員公募について

１．職名および人数

特任准教授　１名

２．所属

計算物質科学研究センター

３．就業場所

物性研究所柏キャンパス（千葉県柏市柏の葉 5-1-5）

４．公募内容

文部科学省が推進する「データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクト」において、データ駆動科学及び計算物質科学の基盤技術の研究開発とその応用展開を意欲的に推進する研究者を求める。また国立研究開発法人物質・材料研究機構と連携しながら、当該プロジェクトにおける研究成果の普 及活動と分野振興活動を担当する。

５．応募資格

博士号または同等の資格を有する。

６．契約期間

2023 年 4 月 1 日から 2027 年 3 月 31 日

７．更新の有無

更新する場合が有り得る。予算の状況、従事している業務の進捗状況、契約期間満了時の業務量、勤務成績、勤務態度、健康状況等を考慮のうえ、更新回数は 1 回、在職期間は 2031 年 3 月 31 日を限度とする。

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 年 11 月 30 日（水）必着

10．提出書類

（イ）応募の場合

○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（特に重要な論文に○印を付けること）

○主要論文の別刷（5 編、コピー可）

○研究業績の概要（A4 用紙 2−3 枚程度）

○研究計画書（A4 用紙 2−3 枚程度）

○応募者についての推薦書、または、意見書（作成者から書類提出先へ直送）

（ロ）推薦の場合

○推薦書

○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（特に重要な論文に○印を付けること）

○主要論文の別刷（5 編、コピー可）

○研究業績の概要（A4 用紙 2−3 枚程度）

○研究計画書（A4 用紙 2−3 枚程度）

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：04-7136-3207　Email：issp-jinji@issp.u-tokyo.ac.jp

○郵送の場合

「計算物質科学研究センター特任准教授応募書類在中」、又は「計算物質科学研究センター特任准教授推薦書類在中」の旨を朱書し、簡易書留等配達状況が確認可能な方法で送付すること

○電子メールの場合

空の電子メールを件名「計算物質科学研究センター特任准教授応募」にて上記提出先に送付し、その後返信される電子メールに記載された書類提出先フォルダに応募書類一式をアップロードすること

（応募の場合、推薦書または意見書は、作成者から書類提出先へ直送のこと）

※勤務日 2～3 日以内に返信メールが届かない場合には総務係へご連絡ください。

12. 照会先

提出手続きに関する問い合わせは提出先に、それ以外は下記まで問い合わせること

東京大学物性研究所　附属物質設計評価施設　教授　川島 直輝

e-mail: kawashima@issp.u-tokyo.ac.jp

13. 募集者名称

国立大学法人東京大学

14. 就業時間

専門業務型裁量労働制により、1 日 7 時間 45 分勤務したものとみなされる。

15. 休日

土・日、祝日、年末年始（12 月 29 日～1 月 3 日）

16. 休暇

年次有給休暇、特別休暇等

17. 賃金等

年俸制を適用し、学歴・職務経験等を考慮して決定。

通勤手当（原則 55,000 円まで）

18. 加入保険

文部科学省共済組合、雇用保険

19. その他

○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。

○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。

○外為法等の定めにより、国外機関との兼業や外国政府等からの多額の収入があり、本学における研究上の技術の共有が制限される場合には、本学教職員としての職務の達成が困難となる可能性があります。そのため、着任後の兼業等については、本学における研究上の技術の共有に支障のない範囲に留める必要があります。

○提出書類等は返却しませんので、了解の上、応募または推薦してください。また、履歴書は本公募の用途に限り使用し、個人情報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。

○受動喫煙防止措置の状況は屋内原則禁煙（喫煙場所設置）です。

令和 4 年 9 月 13 日

東京大学物性研究所長　　森　初果

東京大学物性研究所教員公募について

本研究所において、テーマ（分野）「限定型」およびテーマ（分野）自体を提案いただく「提案型」の客員教授（准教授）を下記のとおり公募します。

記

Ⅰ．公募の区分

１．「限定型」

（１）テーマ（分野）

a：先端軟 X 線光源に基づく光物性科学の推進

b：新規生物発光基質類似体の合成・定量計測・理論計算融合研究

c：固体表面における 2 次元金属有機構造体の研究

d：中性子準弾性散乱による MOF 型イオン伝導体のダイナミクス研究

（２）公募人員

a, b, c, d：准教授　1 名

（３）期　間

a, b, c, d：通年　　令和 5 年 4 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

（４）研究条件

①研究室の供用、その他可能な範囲で研究上の便宜を図ります。

②研究費として通年で最大 100 万円（理論 50 万円）、および本研究所との間の往復旅費、滞在費を支給します。

③なるべく多くの時間を本研究所における研究活動に充てることを推奨します。

２．「提案型」

（１）テーマ（分野）

応募者自らテーマ（分野）を提案ください。

（２）公募人員　　教授または准教授 2～3 名

（３）期　　間　　通年または半期

通年　　令和 5 年　4 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

半期（前期）令和 5 年　4 月 1 日～令和 5 年 9 月 30 日

半期（後期）令和 5 年 10 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

（４）研究条件

①研究室の供用、その他可能な範囲で研究上の便宜を図ります。

②研究費として通年で最大 100 万円（理論 50 万円）、および本研究所との間の往復旅費、滞在費を支給します。

③滞在日数は半期で 1 ヶ月以上を目途とします。

Ⅱ．公募締切

令和 4 年 12 月 9 日（金）（必着）

Ⅲ．提出書類

（イ）「限定型」の場合

①推薦書または意見書（作成者から書類提出先へ直送）

②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

③業績リスト、主要論文の別刷 5 編

④研究計画書（本研究所滞在可能期間の推定を含む）

（ロ）「提案型」の場合

①推薦書または意見書（作成者から書類提出先へ直送）

②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

③業績リスト、主要論文の別刷 5 編

④テーマ（分野）および具体的研究計画

⑤以下の 4 点について記載したもの

・通年か半期の別

・本研究所における研究関連所員名（複数も可）および関連所員との事前打合せに関する記述（必ず事前に所員と連絡を取ってください。）

・予定滞在日数

・必要研究経費（概算）

Ⅳ．書類提出方法　　郵送又はメール送付

郵 送　「客員教授（准教授）応募書類在中」または「客員教授（准教授）推薦書（意見書）在中」と朱書きし、**書留にて郵送**してください。

メール　件名は「客員教授（准教授）応募」または「客員教授（准教授）推薦書（意見書）」とし、総務係までメールを送付し、その後返信される電子メールに記載された書類提出先フォルダに応募書類一式をアップロードしてください。

※2～3 日以内に返信メールが届かない場合には総務係へご連絡ください。

Ⅴ．書類提出先及び問い合わせ先

〒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 04-7136-3207　　e-mail : issp-jinji@issp.u-tokyo.ac.jp

Ⅵ．注意事項

応募に際しては本研究所所員とあらかじめ連絡を取ってください。また、本研究所における各種制度と連動させるために、申請する客員所員の着任期間において、研究会（短期研究会、ワークショップ）への提案や連携、国際連携制度（外国人客員所員、外国人客員研究員、国際共同研究等）との連携を取ること推奨しております。制度の諸情報については、研究戦略室にお問い合わせ下さい（研究戦略室 e-mail : rso@issp.u-tokyo.ac.jp ）。

Ⅶ．選考方法

東京大学物性研究所人事選考協議会の審議に基づき、物性研究所教授会で決定します。

令和 4 年 9 月 13 日

東京大学物性研究所長　　森　初果

編　集　後　記

2022 年度の第 3 号では 4 件の研究紹介と 6 件の受賞報告等がありました。研究紹介の最初の 2 件は「引っ張ると頑丈になるゲル」、「温めると磁化が大きくなる磁性体」に関するものであり、どちらも常識と反するものです。このような常識と反する現象の発見には新しい物理が必ずあるため、研究者としてはとても楽しいものです。3 件目は紙を「超越コーティング」することにより、プラスチック並の機能性を持たせるものです。製品応用も目指しているとのことで、今後の展開が楽しみです。4 件目は光受容タンパク質ロドプシンに関する報告です。今回は藻類にベストロドプシンという新しいタンパク質を発見し、さらにこのタンパク質は光でイオンを運ぶ従来型のチャネルロドプシンよりもチャネルの径が大きいとのことです。6 件の受賞報告については、多くが写真付きで紹介されています。ぜひご覧頂いて受賞者の顔を覚えて頂ければと思います。着任報告や外国人客員所員報告もぜひご一読下さい。

三　輪　真　嗣

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