物性研だより

BUSSEIKEN DAYORI

第61巻
第3号
2021年度

ナノスケールの半導体基盤上で起こる電子の協力現象

引っ張ると頑丈になる自己補強ゲル
～繰り返し負荷に耐えられる人工靭帯などへの応用に期待～

結合スピン鎖物質の量子性を圧力によって能動的に制御する
～カイラル磁性体$CsCuCl_3$の磁化過程における量子
-古典クロスオーバー～

ISSP WOMEN'S WEEK 2021
～女性研究者の活躍を図るためのISSPワークショップ～
2021.8.3 ▸ 8.5

東京大学 物性研究所
THE INSTITUTE FOR SOLID STATE PHYSICS
THE UNIVERSITY OF TOKYO
Copyright ©2021 Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo. All rights Reserved.
ISSN 0385-9843

第 61 巻
第 3 号
2021年度

contents

1 ナノスケールの半導体基盤上で起こる電子の協力現象 阪野 塁

4 引っ張ると頑丈になる自己補強ゲル
～繰り返し負荷に耐えられる人工靭帯などへの応用に期待～ 眞弓 皓一

6 結合スピン鎖物質の量子性を圧力によって能動的に制御する
～カイラル磁性体 $CsCuCl_3$ の磁化過程における量子 - 古典クロスオーバー～
山本 大輔

10 日本物理学会学生優秀発表賞 (領域 4) を受賞して 山本 剛史

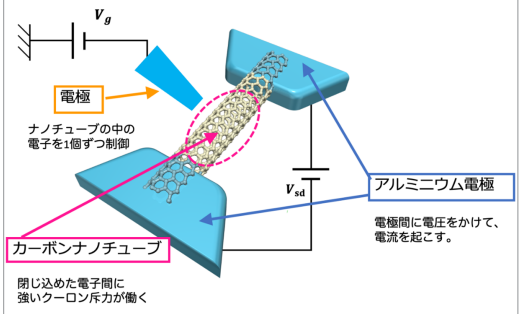
11 日本物理学会学生優秀発表賞を受賞して 清水 貴勢

12 日本化学会第 101 春季年会学生講演賞を受賞して 亀山 亮平

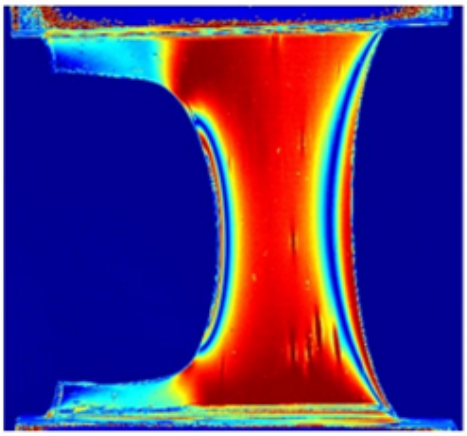
14 日本レオロジー学会奨励賞を受賞して 眞弓 皓一

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

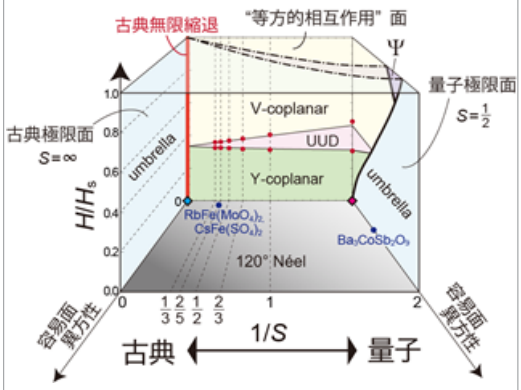
1



4



6



ナノスケールの半導体基盤上で起こる電子の協力現象

物性理論研究部門　加藤研究室　　阪野 塁

先日出版した論文[1]でプレスリリースを発出したおかげで、再び物性研だよりに文章を書く機会をいただきました。これまでも物性研だよりに寄稿する機会があったのですが、プレスリリースをやや詳しく書いた、物理の大学院生や専門家向けの記事になってしまったように思います。以前、理論系のある秘書さんが、理論系部門の人が書いた文は読むようにしているとおっしゃっていました。多分、研究者(学生、研究員、助教、技術スタッフ、所員)以外の職員さんも少なからず目を通してくださっていると信じて、今回はできるだけプロ以外へ向けて書いてみたいと思います。物性研で一緒に働いている方々へ、私が物理学の何が面白いと思って研究しているのか、少しでも伝われば嬉しいです。

今回プレスリリースされた研究のキーワードのひとつは『*フェルミ液体*』という物理現象です。中学の理科や高校の物理の教科書にも載っていないので、全く聞き慣れない専門用語だと思いますが、物理学科の授業でも耳にする、物理学を専攻する学部学生にはよく知られた、基本的な物理現象のひとつです。

電子が無数に集まった凝集体がどのような性質を持つかを説明するのがフェルミ液体の理論です。無数と言われてもどの程度か想像できないと思いますが、大体10^{24}個(= 1 000 000 000 000 000 000 000 000 個でゼロが 24 個並んでいます)程度を想定しています。電子は負の電荷を持つので凝集すると、互いにクーロン斥力で反発力を感じます。電子が無数にいる場合、互いにクーロン斥力で複雑に絡み合うため、その性質を解き明かすことは非常に難しい問題になります。

物性物理学や統計物理学の面白さは少しわかりにくいかもしれません。なぜ、わざわざこんな複雑な問題に取り組むのか、疑問に感じることと思います。実はこのフェルミ液体の重要性のひとつに、金属の性質を説明することが挙げられます。例えば、電気の流しやすさや、「熱し易く冷め易い」、表面の光沢などの性質は、金属の種類によらず共通の性質になっています。この金属に共通の性質の起原を説明するのがフェルミ液体です。

金属の塊の中で何が起こっているか考えてみます。金属の塊では、金属原子がびっしりと並んでいます。そして各金属原子の周回する電子の一部は、金属の塊の中では自由に動き回ることができます。その自由に動き回ることができる無数の電子が金属の塊の中で凝集し、お互いに相互作用をすることで、金属の性質を作り上げていきます。つまり、塊としての金属の性質は、個々の金属原子の性質ではなく、そこを動き回る無数の電子とその相互作用によって金属全般に共通の性質が形成されています。このためフェルミ液体は、金属の性質を説明する重要な問題として研究されてきました。もちろん、電気の流れやすさの程度や金属光沢の色などは金属の種類によって異なります。そういった性質が何に由来するかを調べる研究は、物性研究所でもたくさん行われていて、物の性質の起原を探る重要な研究です。

物理学は難しい数学を使った難しい学問だと思われるかもしれません。しかし、あまりに複雑な問題は誰も解くことが出来ません。大事なことは調べている現象を引き起こしている本質は何かを見抜くことです。そして、事象を単純化した上で説明し、数学的な手法やコンピューターを使って問いたり、実験によって検証します。金属の塊としての性質を考える場合には、無数に並んだ個々の金属原子のすべて性質を取り入れて説明するのは複雑すぎて不可能です。そこで、フェルミ液体の理論では金属中の自由に動き回る電子に着目し、そこから金属の性質を説明しようとするのです。

さて、無数の数の電子の振る舞いの話に戻りましょう。無数の金属原子を取り扱うよりはだいぶ単純化されましたが、まだ難しい問題に思えます。しかし、この問題は解くことが出来て、無数の電子の状態の主要な性質はクーロン斥力が消え重くなった電子によって説明できることが知られています。つまり、複雑な相互作用の効果は電子の質量に押し込むことで互いに自由に動き回る電子によって、簡単に説明できるのです。そして、他の性質には相互作用が必要なものありますが、この重くなった 2 つの電子の間に弱くなった相互作用が働くことで説明がつきます。一見複雑だった問題は非常に簡単な形で説明がつくようになります。

ジュネーブ大学のジアマルキ教授が講演中に、フェルミ液体の理論の重要について非常に面白い説明をしていました。「金属を安心して使えるのはフェルミ液体理論のお陰だ。もしフェルミ液体の理論がなければ、金属の性質は複雑でわからず、送電線で電気を送ることすら出来ない」との言葉がとても印象的でよく覚えています。

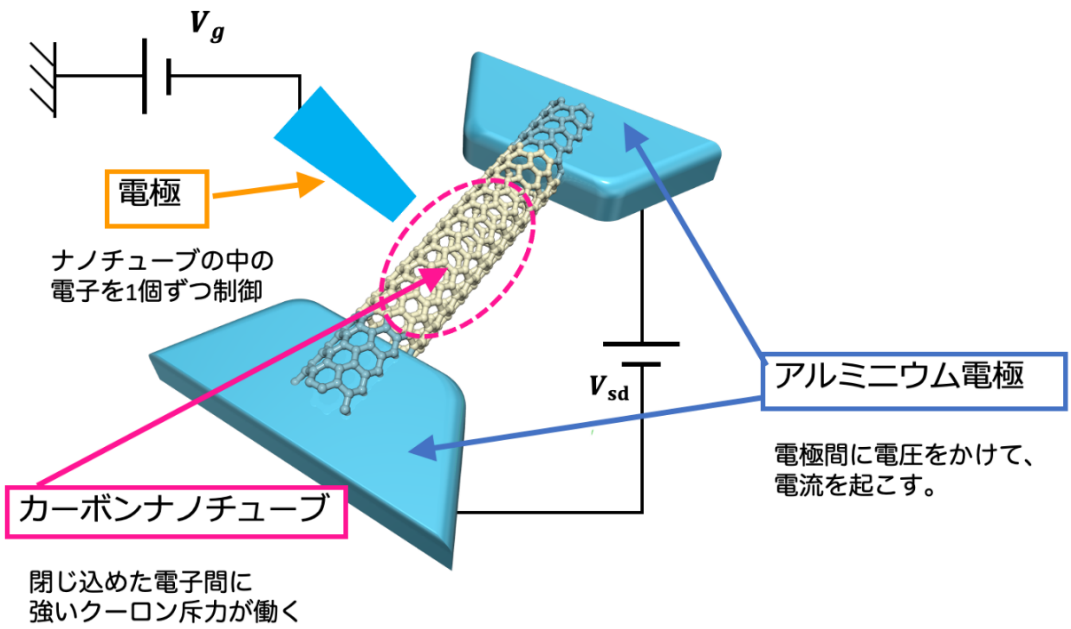
さて、だいぶフェルミ液体の話が長くなりましたのが、私が参加した実験論文の話に移りましょう。ナノメートルサイズの半導体や金属の加工技術を使って基板上に人工のフェルミ液体を作り、その性質を調べました。ナノメートルは 1mm の 100 万分の 1 で、最近のパソコンの演算装置の中の素子はこの大きさの加工で作成されています。フェルミ液体の理論は既に確立していてよく知られているのですが、基板上の狭い領域にフェルミ液体を形成させた場合、従来のフェルミ液体を超えた新しい性質が現れることがわかり、それを実験で検出することに成功しました。

物理学では難しい問題がある場合、数学やコンピューターを駆使して解決に挑む場合はよく知られていますが、実際に問題の物理モデルを再現して調べることで問題の答えを探し出すアプローチがあります。微細な量子力学の世界を現実の世界に再現する技術は年々向上していて、様々な問題に取り組むことができるようになっています。

図は実験で用いたナノスケールのフェルミ液体を形成するための装置の模式図で、基盤の上に置かれたカーボンナノチューブとそれに繋がれたアルミニウムの電極が描かれています。アルミニウム電極は、カーボンナノチューブで出来た領域に弱く結合して電子の移動ができるようになっています。そして、カーボンナノチューブの狭い領域には電子を閉じ込めることができて、量子ドット呼ばれます。この量子ドットには電子が入ると電子同士が強くクーロン斥力を感じます。そのため量子ドット内の電子に対するクーロン斥力を介して、この装置内の電子の一部はフェルミ液体を形成します。そして、電極間に電圧をかけて発生する電流を介してフェルミ液体状態を調べることが出来ます。

また、カーボンナノチューブに追加の電極を取り付けることで、カーボンナノチューブ内に捕獲できる電子を 1 つずつ制御できます。この性質のために、このナノスケールの装置は次世代のコンピューターである量子コンピューターの素子の有力な候補としても研究されています。じつはこの追加の電極によって、カーボンナノチューブ内の電位を調整することで、従来のフェルミ液体では見られなかった、3 つの電子の間に働く相互作用が重要な役割を果たすことを明らかにしました。実際に実験結果と理論を比較し、両者が単なる定性的な一致ではなく、定量的にも良く合っていることが確認されました。

この実験結果は、従来知られていたフェルミ液体の性質を超える新しい性質について、初めての実証です。この結果は、新しい物質開発や物性の探索に貢献するものですが、研究者としては、これまで誰も見ることが出来なかったものを初めて観測出来たことは、とても刺激的な体験です。



こういった話をしますと、皆さん最後に一体何に役に立つのか質問してくださいます。もちろん直接的に役に立つ研究ができるはとても嬉しいことですが、誰も知らなかった物理学の知見に見つける喜びも、たとえそれが些細な問題であっても大きく、刺激的だと伝わると嬉しいです。研究者には、その研究の何が楽しいのか、とも尋ねていただけると、喜々として話をしてくれると思います。

この文章を通して、私が行った研究の楽しさが少しでも伝われば嬉しいです。

最後に、本稿の内容は秦徳郎さん（東工大）、荒川智紀さん（産総研）、Meydi Ferrier さん（パリ南大）、Richard Deblock（パリ南大）さん、Sanghyun Lee（当時阪大）さん、小林研介さん（東大）らの実験チームと、寺谷義道さん（大阪市大）、小栗章さん（大阪市大）らの理論チームとの共同研究の成果の一部です。コロナ禍で移動できなくなってからも、オンラインでたくさんの議論を行ってきました。刺激的で楽しい議論をしてきた仲間に感謝しています。

また、この研究の一部は、インペリアル大学滞在時に私と Alex C Hewson 氏との議論で得られた知見が多く反映されています。残念ながら、Hewson 氏は最近、亡くなってしまいました。彼の書いた教科書 “Kondo problem to heavy fermion” は、量子多体問題の専門家であれば手にしたことのないものはないと思います。インペリアル大学滞在時には、いつも昼食後にはカフェで、物理ばかりではなく、日本やイギリスの政治、経済、文化について話をしていました。私の上手くない英語にも“I see.”と相槌を打ちながら、1 時間、2 時間と話をしていました。エレベーターの日本では見かけない「M」（中 6 階を意味する）のボタンを押して彼の居室に向かい、少しはにかんだ笑顔で静かに迎えてくれることはないのだと思うと、寂しくてなりません。ご冥福をお祈りしています。

1. “Three-body correlations in nonlinear response of correlated quantum liquid”
Tokuro Hata, Yoshimichi Teratani, Tomonori Arakawa, Sanghyun Lee, Meydi Ferrier, Richard Deblock, Rui Sakano, Akira Oguri, and Kensuke Kobayashi Nature Communications **12**, 3233 (2021).

内容は専門的ですがオープンアクセスの論文なので、学外からでも無料でアクセスして読むことが出来ます。

引っ張ると頑丈になる自己補強ゲル～繰り返し負荷に耐えられる人工靭帯などへの応用に期待～

中性子科学研究施設　　眞弓 皓一

高分子ゲルは、長いひも状の高分子鎖が連結された網目構造に水などの溶媒が閉じ込められた柔らかい材料の総称です。特に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。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、高分子ゲルの力学強度は著しく向上しました。特に優れた強靭性を示す高分子ゲルは、犠牲結合と呼ばれる壊れやすい結合を高分子ゲル内部に導入したものです[1, 2]。犠牲結合ゲルを変形させると、犠牲結合が選択的に破断することで、入力された力学エネルギーが散逸され、その結果としてゲルを破壊するためにより大きなエネルギーが必要になります。犠牲結合ゲルの破壊エネルギーは最大で 30 MJ/m^3 にも及びます。犠牲結合ゲルでは、変形時に犠牲結合の破断を伴うため、破断した犠牲結合が元に戻らない、また再結合する場合も時間がかかるといった問題がありました。高い強靭性を示す犠牲結合ゲルでは、繰り返し大きな変形を加えた際における力学強度の回復率は 50%以下にとどまり、大きな負荷が繰り返し加わるような人工靭帯・関節などの人工運動器への応用には障害となっていました。

我々は、結合の破壊を伴わない新しい強靭化メカニズムである自己補強効果を用いることで、強靭性と回復性を兼ね備えた高分子ゲルの開発に世界で初めて成功しました [3]。自己補強ゲルを伸長すると、内部の高分子鎖が伸び切って、互いに寄り集まることで結晶化し(伸長誘起結晶化)、材料の力学強度が向上します(図 1)。一度形成された高分子鎖の結晶は、力を取り除くことで即座に消失し、元の状態に戻ることから、自己補強ゲルは繰り返し変形下において高い回復性を示します。本研究では、ゲル内部の高分子鎖を均一に変形させるために、高分子鎖を環状分子によって連結した環動ゲルを用いました(図 1)。環動ゲル中の環状架橋点はナノスケールの滑車のように振る舞うことで、高分子ネットワークの応力を均一化し、高分子鎖は一様に変形します。これにより環動ゲルは高い強靭性を示しますが、傷が入ると亀裂が容易に進展して壊れやすいという欠点がありました。本研究では、環動ゲルにおける環状分子の数、軸高分子鎖の長さ、高分子濃度を適切に調整すると、環動ゲルを伸長した際に高度に配向した高分子鎖が結晶化する現象を見いだしました。初期亀裂を入れた環動ゲルを引っ張ると、亀裂の先端において伸長された高分子鎖が結晶化することで亀裂の進展を抑止し、変形を元に戻すと即座に高分子鎖の結晶はなくなって元の状態に戻ります(図 2)。

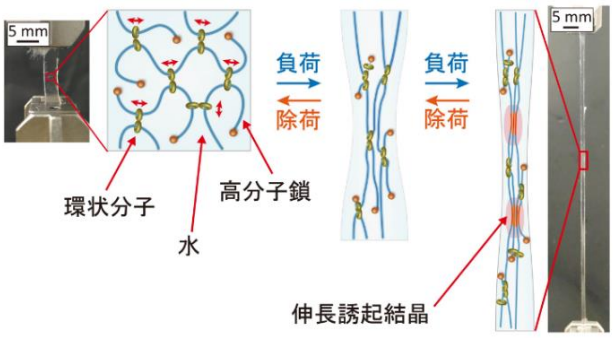


図 1. 本研究では環状分子によって高分子鎖が連結された環動ゲルを用いて自己補強ゲルを実現しました。ゲルに負荷をかけて伸長すると、高分子鎖が環動架橋点をすり抜けて均一に引き延ばされ、伸び切った高分子鎖が寄り集まって結晶を形成します。高分子鎖が結晶化すると、その部分が硬くなり、ゲルの破断を防ぐことができます。この伸長誘起結晶は、力を取り除くと消失し、自己補強ゲルは元の状態まで回復します。

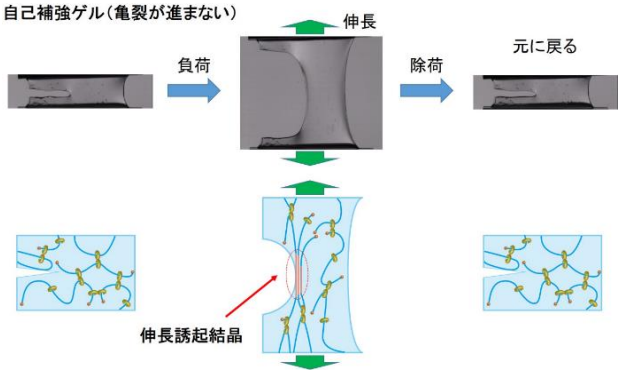


図 2. 本研究で開発した自己補強ゲルに切れ目を入れて繰り返し上下に大きく伸長しても、亀裂が進みません。これは伸長によって亀裂の周辺に大きな負荷がかかると、引き延ばされた高分子鎖が結晶化し(伸長誘起結晶化)、亀裂の進展が抑止されるためです。この伸長誘起結晶は力を取り除くと即座に消失します。

伸長誘起結晶化が起こらない一般的なゲルの場合は、伸長によって亀裂が進展して破断してしまうことと対照的です(図 3)。伸長誘起結晶化を起こす環動ゲルは、世界最高水準の強靭性(破壊エネルギー：約 20 J/m^3)を有するのと同時に、繰り返し変形下において犠牲結合ゲルを上回る約100%の即時回復性を示すことが分かりました。

伸長誘起結晶化による強靭化は、天然ゴムの強靭化機構として 1925 年に Katz によって発見されています。天然ゴムが今でも航空機のタイヤに用いられているのは、伸長誘起結晶化による優れた強靭化効果によるものです。本研究は、天然ゴムで知られていた伸長誘起結晶化による強靭化が、溶媒を多量に含んだゲル材料においても有効であることを初めて示したものであると言えます。

世界最高水準の強靭性とほぼ 100%の高い即時回復性を両立した自己補強ゲルの開発は、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ことが求められる人工靭帯・関節など、人工運動器への応用につながると期待されます。本研究では、環動ゲルを利用しましたが、高分子鎖を均一に変形させることができれば、他のネットワーク構造においても伸長誘起結晶化による自己補強効果は有効であると考えられます。

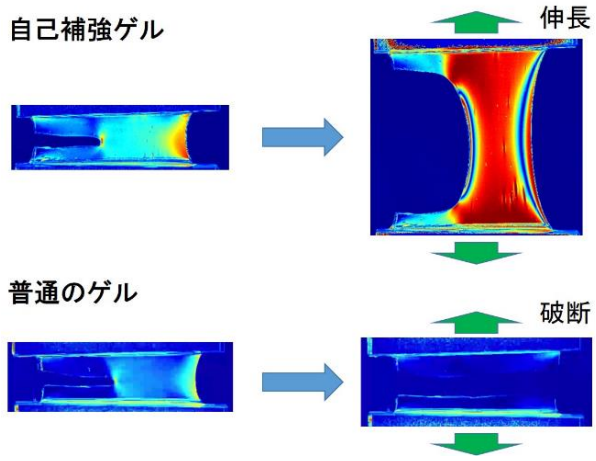


図 3. 偏光カメラで撮影した自己補強ゲルと普通のゲル
自己補強ゲルの場合、初期亀裂を入れた試験片を大きく伸長すると、高分子鎖が配向することにより補強され、亀裂は進みません(上段)。伸長誘起結晶化が起こらない普通のゲルでは、すぐに亀裂が進展して、破断してしまいます(下段)。写真の色は高分子鎖の配向度と対応しています。

本研究は、東京大学大学院　新領域創成科学研究科　伊藤　耕三先生、横山　英明先生、姜　岚博士、劉　暢博士との共同研究です。この場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

[1] J. Y. Sun, X. Zhao, W. . K. Illeperuma, O. Chaudhuri, K. H. Oh, D. J. Mooney, J. J. Vlassak, Z. Suo, Nature, 489, 133 (2012).

[2] T. L. Sun, T. Kurokawa, S. Kuroda, A. B. Ihsan, T. Akasaki, K. Sato, M. A. Haque, T. Nakajima, J. P. Gong, Nat. Mater., 12, 932 (2013).

T. Narita, K. Mayumi, G. Ducouret, P. Hébraud, Macromolecules, 46, 4174 (2013).

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

結合スピン鎖物質の量子性を圧力によって能動的に制御する

～カイラル磁性体 $CsCuCl_3$ の磁化過程における量子-古典クロスオーバー～

日本大学文理学部　　山本 大輔

研究背景・概要

量子数の極めて大きい極限において、量子物理学の結果は古典物理学の結果に帰着すべしという「対応原理」は、量子論と古典論との整合性のために量子力学の黎明以来広く尊重されてきた[1]。実際、量子重ね合わせや量子相関のような量子現象は、そのような“古典極限”が近づくにつれて失われていくことになる。量子と古典の間のクロスオーバーは、近年の量子情報や量子テクノロジー分野のいわゆる第 2 次量子革命の時代にあっても、多自由度（“環境”）との相互作用による量子デコヒーレンスの問題としてなお重要性を高めている。特に量子-古典クロスオーバーを外的にコントロールすることはただ面白いというだけでなく、基礎理論的にも実験応用的にも重要な課題である。これまでにフォトニック系やオプトメカニクスにおいて一定の成功が得られているが[2,3]、本研究はより柔軟性に劣る固体物質における量子-古典クロスオーバーの能動的コントロールについて議論したものである[4]。

固体物質、とりわけ磁性体において重要となる量子数は磁性イオンの持つスピン量子数 S である。通常、S の値が大きいときには古典スピンベクトル近似による解析が妥当な結果を与え、S が小さくなるほど量子力学的にスピンを取り扱う必要が出てくる。特にスピン間の相互作用が強く複数競合している場合、古典的な解析では多数の状態が(準)縮退してしまい、相対的にスピンの量子性の効果が重要になる。そのようなフラストレート磁性体と呼ばれる物質群の典型的な例の一つ、容易面異方性のある三角格子反強磁性体の面直磁場下基底状態相図を図 1 に示す。ゼロ磁場では三副格子上の磁気モーメントが互いに 120°の相対角を取る“120°Néel 秩序”が容易面内に現れることが知られており、そこに面直磁場を印可すると 120°構造がそのまま磁場方向に立ち上がった“umbrella”状態になることが古典スピンベクトル解析によって示される。しかし、これまでの多くの理論的・実験的研究によって、S の値が小さい場合には古典解析結果とは異なる Y, UUD, V, Ψ といった多彩な磁気状態が現れることが分かっている。特に三副格子上の磁気モーメントが磁場に並行にアップ、アップ、ダウンの配置を取る UUD 相は、磁化曲線の飽和磁化の 1/3 の場所に特徴的なプラトー構造を形成するため、実験において量子性の強さの観測指標となる。

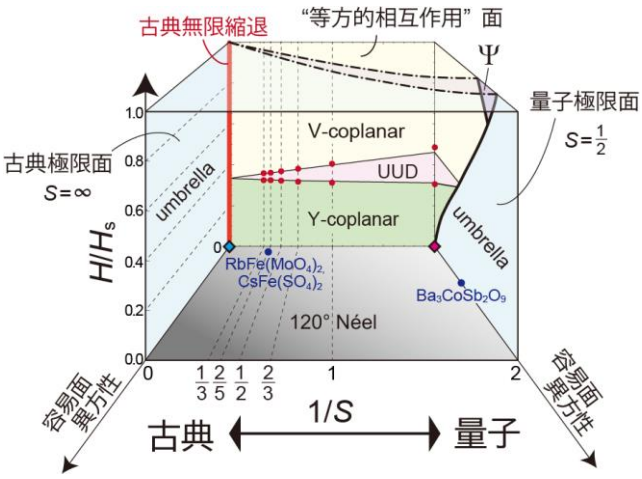


図 1：容易面異方性のある 2 次元三角格子反強磁性体の理論相図。縦軸は容易面に垂直な磁場の強さを飽和磁場で規格化したもの。奥の面は等方的な Heisenberg 模型の場合に対応しており、実線とドットの相境界はそれぞれ $1/S$ 展開法[5]および結合クラスター法[6]による計算結果を示している。量子極限面(右面)および飽和磁場直下(上面)はクラスター平均場＋スケーリング理論による最近の結果[7,8]のスケッチである。

実際の物質においては、磁性イオンの持つスピン量子数 S の値は化学組成によって整数もしくは半奇数の中のいずれかの値に決まっているため、図 1 の横軸($1/S$ の軸)方向の変化を外的に行うことは通常不可能である。一方でスピン間相互作用や磁気異方性の大きさに関しては数 GPa 程度以上の圧力を試料に印加することで、物質の磁気相を変える範囲で変化させる実験が近年盛んに行われている[9,10]。2017 年に報告された広島大学らの実験では、カイラル磁性体 $CsCuCl_3$ に対する圧力下磁気測定が行われた[11]。$CsCuCl_3$ は強く 1 次元的に強磁性結合したスピン鎖が三角格子を組んで弱く反強磁性結合した構造を持っている(図 2a)。スピン量子数 S は 1/2 であるが、鎖内の強い強磁性相関によって量子揺らぎが抑えられ、常圧での低温磁化曲線には umbrella 相から V 相への 1 次転移のみ観測される[13]。しかし広島大学らの実験では、0.7GPa 程度以上の静水圧の印加によって強い量子効果の証拠となる磁化プラトーが現れることが示された[11]。我々はこの結果を

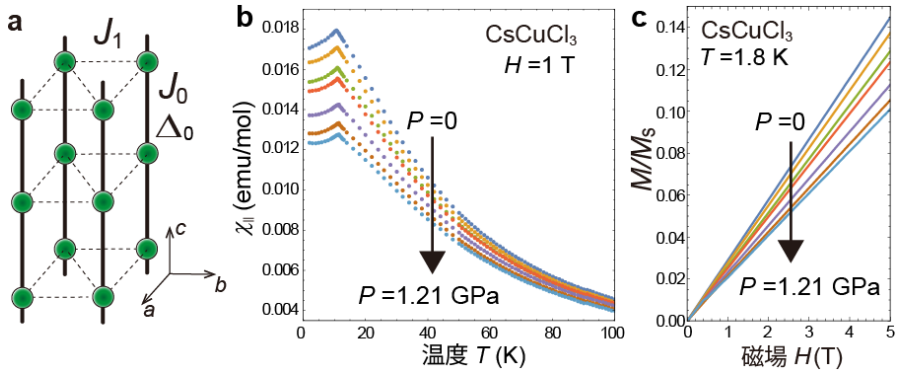


図 2：(a)$CsCuCl_3$ の磁性イオン配置の模式図。実際は c 軸方向にらせん構造を持つが、理論模型としては適切なユニタリー変換の下で DM 相互作用を打ち消すことができる[12]。(b)面直磁化率の温度依存性。(c)低温磁化曲線（磁化の値 M を飽和磁化 M_s で規格化したもの）。圧力の値は上から 0, 0.14, 0.34, 0.49, 0.82, 1.05, 1.21GPa。

受けて、図 1 のような 2 次元磁性体相図における $1/S$ 軸方向の変化（量子-古典クロスオーバー）に対応した研究が、結合スピン鎖物質への圧力印加実験によって可能になるのではないかと考え、以下に述べる圧力下磁気測定および理論考察を行った。

圧力下磁気測定と磁気パラメータの圧力変化

ピストンシリンダー型圧力セルを用いて $CsCuCl_3$ 単結晶試料に常圧から 1.21GPa までの圧力を印加した際の面直磁化率の温度依存性および面直磁場下での低温磁化曲線を図 2b, 2c にそれぞれ示す（詳細は文献[4]参照）。これらの結果および先行実験[11]で観測された磁気相転移点を再現するように理論模型パラメータのフィッティングを行った。理論模型には鎖内の強磁性相互作用の強さ J_0、その容易面型異方性 Δ_0、鎖間の反強磁性相互作用の強さ J_1 の 3 つのパラメータを仮定した。ハミルトニアンは $S = 1/2$ スピン演算子を用いて

$$\hat{\mathcal{H}} = -2J_0 \sum_{i,n} \left(\hat{\boldsymbol{S}}_{i,n} \cdot \hat{\boldsymbol{S}}_{i,n+1} - \Delta_0 \hat{S}^z_{i,n} \hat{S}^z_{i,n+1} \right) + 2J_1 \sum_{\langle i,j \rangle, n} \hat{\boldsymbol{S}}_{i,n} \cdot \hat{\boldsymbol{S}}_{j,n} - H \sum_{i,n} \hat{S}^z_{i,n}, \quad (1)$$

と書ける（i,j はスピン鎖の番号で、n は c 軸方向に積層した各三角格子面を指定する番号）。磁化率の計算には 10 次の高温展開を行い、低温磁化曲線の計算には $1/S$ 展開法[5,12]を用いた。g 因子の値は、室温 ESR 実験の結果[14]から圧力の値に依らず g=2.11 とした。

図 3 にパラメータフィッティングの結果を示す。圧力の増加に伴い、鎖内の強磁性相互作用 J_0 が急激に小さくなり、一方鎖間の反強磁性相互作用 J_1 は増加する。異方性 Δ_0 の値は緩やかに増加する。つまり、常圧ではスピン鎖が弱く結合する擬 1 次元系と見なせていたが、1GPa 程度の圧力下ではかなり 3 次元性が強くなることが分かった。

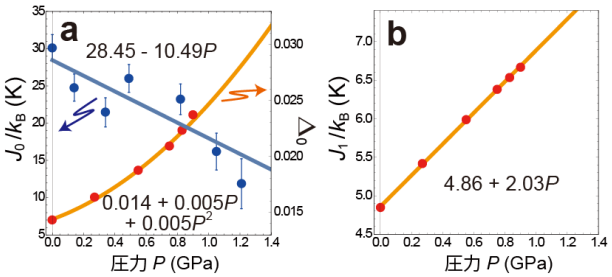


図 3：理論模型とのフィッティングで得られた各パラメータの圧力依存性。

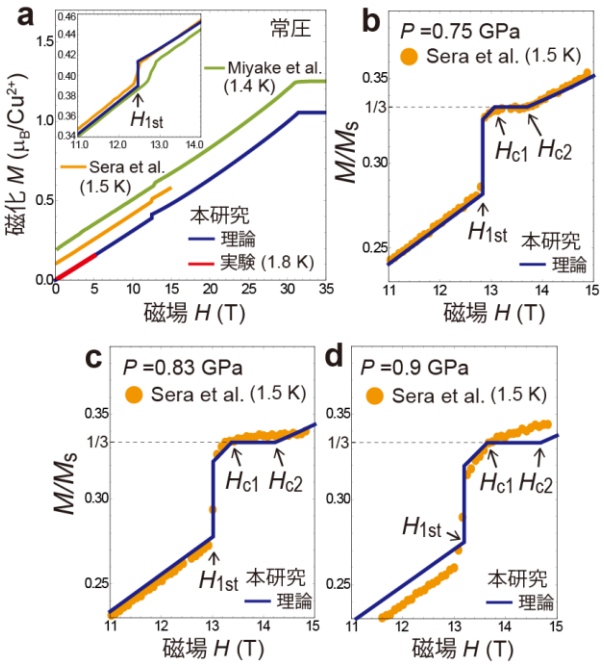


図 4：図 3 で得られたパラメータを用いて計算した理論磁化曲線と実験結果（本研究、Sera *et al.* [11]、Miyake *et al.* [15]）との比較。Sera *et al.* のデータの圧力値は本研究で用いた較正式で再評価したもの（文献[4]参照）。

各圧力値でフィッティングしたパラメータを圧力の関数として線形もしくは2次関数で表したものが図3中の式である。これをハミルトニアン(1)に代入して$1/S$展開法[5,12]で計算した理論磁化曲線は、これまでに計測された実験値とよく一致していることが図4からわかる。

2次元有効模型を用いた考察

結合スピン鎖において鎖内相互作用が強く強磁性的な場合、鎖内のスピンたちが1つの大きなスピンを形成し、それが弱く相互作用していると現象論的に捉えることができるかもしれない。そこで有効スピン$\tilde{S}$の2次元模型に

$$\tilde{\hat{\mathcal{H}}} = 2J\sum_{\langle i,j\rangle}\hat{\boldsymbol{S}}_i\cdot\hat{\boldsymbol{S}}_j + A\sum_i\left(\hat{S}_i^z\right)^2 - H\sum_i\hat{S}_i^z \qquad (2)$$

“押しつぶし”マッピング(図5a)することで、上述してきた結合スピン鎖三角格子磁性体 $CsCuCl_3$ の磁化過程の圧力変化を図1の2次元三角格子反強磁性体の相図を用いて解釈したい。有効反強磁性相互作用Jと有効単一イオン異方性Aは、飽和磁化の表式が元の模型のときと一致するように以下のように対応付ける。

$$J = \frac{S}{\tilde{S}}J_1,\ A = \frac{4S}{2\tilde{S}-1}J_0\Delta_0$$

有効スピン量子数$\tilde{S}$の値は元の模型(1)の持つ量子性の強さを反映するように決めるべきである。三角格子反強磁性体における量子効果の最も顕著な役割は、umbrella 相に対して Y/UUD/V 相を安定化することである。そこで、umbrella 相と Y/UUD/V 相の(スピンあたりの)零点振動エネルギーの差を2つのハミルトニアン(1)と(2)に対してそれぞれ線形スピン波近似の範囲で計算し、その磁場依存性に関して(2)の計算結果が(1)のものをよく再現するように$\tilde{S}$の値を決める(詳細は文献[4]参照)。そのように決めた$\tilde{S}$の値と元のSの値の比は、図5bに示すように鎖内/鎖間相互作用の比J_0/J_1に対する増加関数になる。この結果を用いると、例えば$J_0/J_1 = 5$程度の結合スピン鎖物質は、元のスピンSを2倍程度にした有効スピン$\tilde{S}$の値を持つ2次元三角反強磁性体と同等の量子性を持つと換算できる。

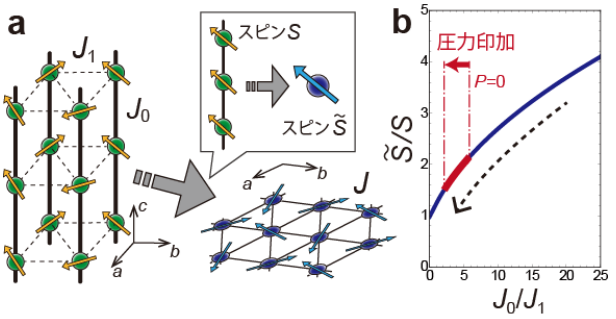


図5：(a)結合スピン鎖から2次元模型への押しつぶしマッピング。(b) J_0/J_1と$\tilde{S}/S$の値の関係。

実際にこのJ_0/J_1と$\tilde{S}/S$の値の関係を用いて元の結合スピン鎖模型(1)と有効2次元模型(2)の基底状態相図を $CsCuCl_3$ のパラメータに対して作成し比較したものが図6である。それぞれで計算された相境界が良い一致をしていることが分かる。したがって $CsCuCl_3$ における磁化プラトー(UUD 相)の出現は、スピン量子数$\tilde{S}$が圧力によって準古典的な値から量子的な値に向かって減少したことに起因すると有効2次元模型の言葉では解釈できる。見方を変えると、図1で示した3軸相図の$1/S$軸方向の変化(古典-量子クロスオーバー)を、結合スピン鎖物質 $CsCuCl_3$ に対する圧力印加実験によって“量子シミュレーション”できたと言い換えることもできる(図6右の挿絵)。

注意すべきこととして、有効模型(2)へのマッピングはもちろん現象論的なものであり、図5bで示したJ_0/J_1の変化に伴う$\tilde{S}/S$の“連続的”変化はあくまでも$1/\tilde{S}$展開法の見方の中でだけ成り立つ。とはいえ$\tilde{S}$の値は結合スピン鎖物質の量子性に対する良い指標となると期待される。

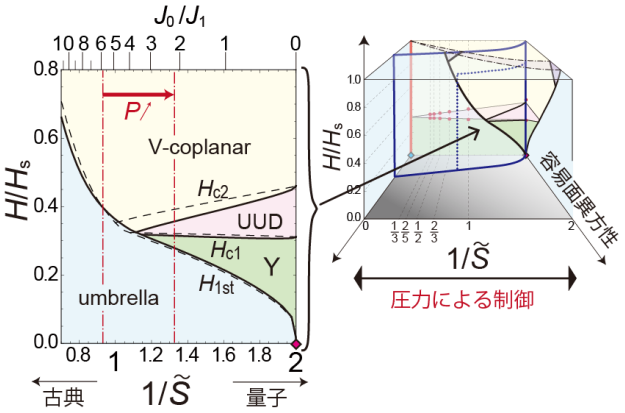


図6：結合スピン鎖模型(1)および有効2次元模型(2)で計算された相境界（それぞれ実線および破線）。

まとめと展望

本研究では、$CsCuCl_3$ に対する圧力下磁気測定および理論解析を行い、結合スピン鎖物質への圧力印加によって量子-古典クロスオーバーの能動的コントロールが可能であることを示した。$1/S$展開法や Schwinger ボソン平均場理論といったスピン系の標準的な理論解析では、しばしばスピン量子数Sを連続量として扱う。これまでに様々な2次元スピン模型に対してSの関数としての理論相図が与えられているが、本研究で導入した“押しつぶし”マッピングの見方を通して、それらの相図を結合スピン鎖

に対する圧力印加実験によって“直接的に”実現するという新たな研究方法の道が開かれた。

本研究では $CsCuCl_3$ の場合を取り扱ったが、六方晶 ABX_3 型の化合物には多様性があり、他にも三角格子以外の格子幾何を持つ結合スピン鎖物質も多数存在する。本研究成果を刺激とし、今後様々な結合スピン鎖物質への圧力印可実験によって、2 次元量子フラストレートスピン模型における量子スピン液体相やその励起スペクトルなどの難題の解決に資するような成果が生まれることを期待する。

なお本研究内容は、“Continuous control of classical-quantum crossover by external high pressure in the coupled chain compound $CsCuCl_3$”, Nature Communications, DOI：10.1038/s41467-021-24542-6、に掲載済みである。

謝辞

本研究は神戸大学研究基盤センターの櫻井敬博助教、神戸大学大学院理学研究科物理学専攻博士前期課程（当時）の奥藤涼介さん、神戸大学分子フォトサイエンス研究センターの大久保晋准教授と太田仁教授、東京工業大学理学院物理学系の田中秀数教授および物性研究所附属物質設計評価施設の上床美也教授との共同研究です。また、神戸大学分子フォトサイエンス研究センターの共同利用研究、科研費 18K03525、19K03746、19K21852、17H01142、19H00648 および青山学院大学アーリーイーグル研究支援制度の支援を受けて行われました。

参考文献

[1] N. Bohr, Z. Physik **2**, 423–469 (1920).

[2] Y.-S. Ra *et al.*, Proc. Natl Acad. Sci. USA **110**, 1227–1231 (2013).

[3] C.-H. Bai *et al.*, Sci. Rep. **7**, 2545 (2017).

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

[5] T. Coletta *et al.*, Phys. Rev. B **94**, 075136 (2016).

[6] O. Götze *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. **397**, 333 (2016).

[7] D. Yamamoto *et al.*, Phys. Rev. Lett. **112**, 127203 (2014).

[8] D. Yamamoto *et al.*, Phys. Rev. B **96**, 014431 (2017).

[9] T. Sakurai *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **87**, 033701 (2018).

[10] S. A. Zvyagin *et al.*, Nat. Commun. **10**, 1064 (2019).

[11] A. Sera *et al.*, Phys. Rev. B **96**, 014419 (2017).

[12] T. Nikuni and H. Shiba, J. Phys. Soc. Jpn. **62**, 3268 (1993).

[13] H. Nojiri *et al.*, J. Phys. **49**, 1459 (1988).

[14] T. Sakurai *et al.*, J. of Magn. Reson. **280**, 3–9 (2017).

[15] A. Miyake *et al.*, Phys. Rev. B **92**, 100406(R) (2015).

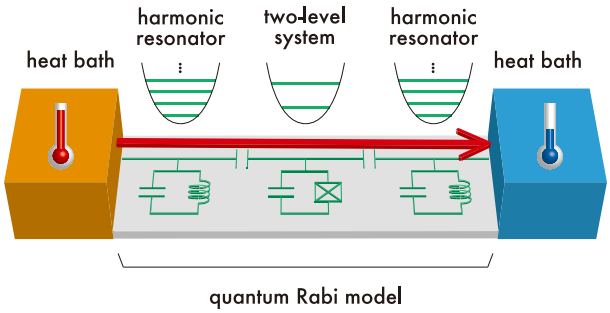
日本物理学会学生優秀発表賞（領域 4）を受賞して

物性理論研究部門　加藤研究室　博士課程 3 年　　山本 剛史

この度、第 76 回年次大会（2021 年）日本物理学会学生優秀発表賞（領域 4）を受賞させていただきました。この賞は、物理学の発展に貢献する優秀な発表を行なった学生に対して授与されるものです。このような栄誉ある賞をいただき、大変光栄です。

受賞対象となった口頭講演は、「量子ラビ模型を介した熱輸送に関する理論研究」です。近年、量子コンピュータの実現に向けて、その舞台の有力な候補の 1 つである超伝導量子回路の実験技術が凄まじい速さで発展しています。この進展により、これまで理論的な模型に過ぎなかった模型が実際の超伝導量子回路で実現できるようになってきており、量子多体効果など基礎物理的な研究が理論と実験の双方から活発に行われるようになりました。また、このような基礎物理的な研究と同時に、超伝導量子回路では量子力学的な性質を用いた量子熱デバイスに関する研究も注目されはじめています。これまでにも様々な量子熱デバイスが提案・実現されてきています[1]。このようなデバイスで知見を蓄積していくことで、マイクロメートルサイズの微小量子系で熱（エネルギー）の制御が可能となるばかりでなく、従来の古典的な熱機関とは異なる性質を示す量子熱機関の実現が可能となることが期待されます。

量子力学的な特徴が顕著となる量子熱輸送の特性は、最も基本的な量子系である 2 準位系を介した系でこれまでよく調べられてきました[2]。しかし、2 準位系はそのシンプルさがゆえに、量子熱デバイスとして複雑な機能を持たせることが困難でした。そこで、本研究では、2 準位系より自由度の多い量子ラビ模型に注目し、その模型を介した熱輸送現象を調べました。量子ラビ模型は 2 準位系に調和振動子が結合した典型的な多準位系で、近年ではトランズモン型の超伝導量子ビットと超伝導 LC 共振器を用いて実現されるようになってきています（上図参照）[3]。我々は、熱の流れやすさの指標である熱コンダクタンスの温度依存性を解析的に調べることで、強結合領域(ultrastrong coupling regime)と呼ばれる二準位系と調和振動子が強く結合している領域で、熱コンダクタンスの温度依存性に 2 つのピークが現れることを発見しました。この特徴的なふるまいは量子ラビ模型の多準位性に由来するものであり、



（図） 量子ラビ模型を介した熱輸送の概図。量子ラビ模型の 2 準位系はトランズモン型の超伝導量子ビット、調和振動子は超伝導 L C 共振器で実現される。

2 準位系では現れない性質であることを明らかにしました。また、熱コンダクタンスは 2 準位系のエネルギー差などの実験的に制御可能なパラメータに対して敏感に変化することも分かりました。これらの特徴的な熱輸送特性は熱トランジスタへの応用に有用な知見を与えることが期待されます。

本講演を行うにあたり、加藤岳生准教授をはじめ、お世話になった多くの方々に、この場を借りて心より感謝申し上げます。

[1] J. P. Pekola and B. Karimi, Rev. Mod. Phys. **93**, 041001 (2021).
[2] T. Yamamoto *et al.*, New J. Phys. **20**, 093014 (2018).
[3] A. Ronzani *et al.*, Nat. Phys. **14**, 991 (2018).
[4] T. Yamamoto and T. Kato, J. Phys.: Condens. Matter **33**, 395303 (2021).

日本物理学会学生優秀発表賞を受賞して

ナノスケール物性研究部門　勝本研究室　　清水 貴勢

この度、日本物理学会第 76 回年次大会(2021 年)にて、学生優秀発表賞(領域 4)を受賞させて頂きました。この賞は、物理学の発展に貢献する優秀な発表(口頭講演)を行った学生に対して授与されるものです。このような賞を頂くことができ、大変光栄です。この場をお借りし、勝本信吾先生、中村壮智助教、遠藤彰助教をはじめとする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。

受賞対象となった研究は「スピン軌道相互作用を用いた並走エッジチャネル間のビームスプリッター」です。近年、半導体に作製した電子の干渉計を用いて電子の位置と位相の情報を飛行量子ビットとして操作する研究が盛んに行われており、特に量子ホール効果によって二次元電子系の端に生じるエッジチャネルはカイラリティにより電子が高いコヒーレンスを有するため干渉計の光路として注目されています。しかし、ビームスプリッターとして量子ポイントコンタクトを用いる従来の手法では飛行量子ビットの基本演算素子である 2 経路干渉計の直列接続がトポロジーの制約上禁止されるため、量子情報処理に必要な複数の演算ができないという問題が生じます。

そこで我々は、逆向きにスピン偏極した 2 本の並走エッジチャネル間に意図的な遷移を導入できる新たなビームスプリッターを考案・実証することで、直列接続可能な 2 経路干渉計の実現を目指しました。エッジチャネルを空間的に屈曲させると、電子の運動量変化に伴いスピン軌道相互作用によるスピン反転が生じてチャネル間遷移が起こることは以前から知られていました。我々はこれまでに屈曲部の曲率が大きいほど遷移確率が大きくなることを発見し、ゲート電極を用いた曲率操作により遷移確率の操作が可能であることを実証していましたが[1]、操作可能な遷移確率の上限値は 2%と小さかったため新たなゲート形状を考案し屈曲部を鋭角にすることで遷移確率の向上を試みました。その結果、2 経路干渉計の作製に必要な 50%の遷移確率を得ることに成功し、並走エッジチャネル間のハーフミラーを初めて実現しました。さらに、このビームスプリッターを用いて実際に 2 経路干渉計を作製し、約 60%と高い干渉可視度を得ることに成功しました[2]。これはエッジチャネルを用いない先行研究[3]に比べて 4 倍程度大きな値であり、2 経路干渉計を用いた量子演算の忠実度が飛躍的に向上したことを意味します。本手法を用いることで半導体飛行量子ビットを用いた量子情報処理の研究が大きく加速すると期待されます。

[1] T. Shimizu, T. Nakamura, Y. Hashimoto, A. Endo, and S. Katsumoto, Phys. Rev. B **102**, 235302 (2020). Editor's Suggestion.

[2] T. Shimizu, *et al.*, to be submitted.

[3] M. Yamamoto, *et al.*, Nature Nanotech **7**, 247-251 (2012).

日本化学会第 101 春季年会学生講演賞を受賞して

東京大学物性研究所　森研究室　博士後期課程 3 年　　亀山 亮平

この度、2021 年 3 月にオンラインで開催された日本化学会第 101 春季年会にて「“Synthesis of novel single-crystalline ethylenedioxythiophene oligomer charge transfer salts and the conjugation-length-elongation effects on their physical properties”（新規エチレンジオキシチオフェンオリゴマーおよびその電荷移動塩単結晶の合成ならびに共役長伸長効果）」という題目で口頭発表を行い、学生講演賞を受賞する栄誉に恵まれました。以下、研究内容について簡単にご紹介します。

現在最も商業的に成功した導電性高分子として知られるポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)(PEDOT)塩は、塗布により高伝導度、透明性の薄膜を作製できることからエレクトロニクス材料用途に広く用いられています。この材料をはじめとして導電性高分子は結晶性を向上させるにつれて優れた電気伝導性を示すことが知られているものの、高分子化合物は分子量分布を持つ多成分混合系であり、一般に単結晶育成や結晶構造に基づく伝導機構の議論は困難でした。我々は構造不明確な PEDOT 塩の高伝導性の起源を明らかにすること、さらにその知見を利用した絶縁体、半導体から金属まで幅広い伝導性の制御を志向し、導電性高分子の部分構造として分子量分布を持たないオリゴマー伝導体に着目しました。オリゴマーとは比較的少数のモノマーが結合した重合体であり、ポリマー(高分子)と繰り返し単位のモノマーの中間に相当します。適切な合成手法を用いることにより、混合物性を排した単一分子量オリゴマーを合成することができます。

本研究では新規に 2 量体[1]及び 3 量体[2]の EDOT オリゴマーを合成し、それらを原料として作成した電荷移動塩単結晶試料の構造解析、物性測定(伝導度、ESR 測定)、バンド計算を行いました。結晶構造をもとに行ったバンド計算、および電気伝導度測定の結果、得られた EDOT2 量体及び 3 量体の電荷移動塩は約 1 eV の大きなバンド幅を有しており、これが PEDOT 塩の高伝導性に寄与していること、さらに本物質ではそれを上回る電子相関の影響により強相関電子状態となるため、半導体的挙動を示すことがわかりました。また分子が大きい EDOT3 量体の方がより π 共役系が拡張されているため電子相関の効果は小さく、より電気が流れやすいことがわかりました。しかしながら、今回合成した EDOT3 量体の電荷移動塩(PF_6 塩)の室温抵抗率は 10^{-3} S cm^{-1} 程度と、抵抗率はいまだ高く、EDOT2、3 量体がハーフフィルドの電子状態を反映し強相関電子状態によりキャリアが局在しているためと考えられます。一方、doped PEDOT では共役長がより長い(6～18 量体)ことに加え、様々な価数、長さの PEDOT 分子鎖の混合物であるためにハーフフィルドから逸脱したバンド構造を有し、電子相関が弱まり高い電気伝導性が実現している可能性が考えられます。

これまでもオリゴマー分子を用いた伝導体材料は多数の研究がなされていましたが、π 共役系オリゴマー分子の共役長と電子相関の関係について単結晶構造と物性値をもとに議論した研究はありませんでした。本研究を通して、高電気伝導性の達成には長い共役長を有する分子が有望であることが明らかになり、今後さらなる高伝導度材料の作成につながると期待されます。またオリゴマー系ならではの特性として、分子の共役長や繰り返し単位の配列を厳密に制御することによる物性探索が可能であり、とりわけ固体電子物性において重要な電子相関の強さについて共役長を

介したコントロールすることができるため、単結晶性オリゴマー伝導体は物性物理の舞台としても魅力的な物質群であると言えます。

本講演を行うにあたり、森初果教授、藤野智子助教、出倉駿特任助教、尾崎泰助教授、河村光晶助教をはじめ、多くの方々にお世話になりました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

[1] R. Kameyama , T. Fujino*, S. Dekura, M. Kawamura, T. Ozaki, H. Mori* *Chem. Eur. J.*, **27**, 6696–6700, (2021).

[2] R. Kameyama *et al.*, to be submitted.

日本レオロジー学会奨励賞を受賞して

中性子科学研究施設　　眞弓 皓一

この度、日本レオロジー学会奨励賞を 2021 年 5 月に受賞致しました。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。自己修復性ゲルの研究は、ESPCI ParisTech の Costantino Creton 先生、成田　哲治先生、Cornell 大学の Chung-Yuen Hui 先生、Colorado 大学の Rong Long 先生と共同で行い、環動ゲルの研究は、東京大学　伊藤　耕三先生、姜　岚博士、劉　暢博士、保田　侑亮博士、その他伊藤・横山研究室の学生の皆様との共同研究です。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「動的架橋高分子材料の力学物性発現メカニズムの解明」です。高分子ゲルは、ひも状の高分子鎖が架橋されたネットワークに溶媒が閉じ込められた材料の総称であり、身近な例ではゼリー、こんにゃく、おむつの吸水剤、コンタクトレンズなどがあります。20 年程前から架橋構造を工夫することで高分子ゲルの力学強度が飛躍的に向上することが明らかとなり、数多くの高強度ゲルが報告されるようになりました。特に溶媒として水を含む高強度ハイドロゲルは、生体適合性が高いことから人工関節などの生体材料に応用されることも期待されています。高強度ゲルの多くは、動的な架橋部位を有しており、動的架橋の分子レベルでのダイナミクスが優れた力学物性の起源となっています。我々は、可逆な架橋点を有する自己修復性高強度ゲルと、環状分子によって架橋された環動ゲルの 2 種類について、その力学・破壊物性メカニズムを解明しました。自己修復性高分子ゲルについては、可逆架橋点の解離・再形成ダイナミクスと繰り返し変形下における力学物性の回復性をつなぐ物理モデルを構築し、その理論モデルによる予測がモデルゲルを用いた実験結果と定量的に一致することを示しました [1,2]。また、自己修復性ゲルの破壊靭性と可逆架橋点の解離ダイナミクスとの相関を明らかにしました [3]。さらに、環状分子によって高分子鎖が架橋された環動ゲルに関しては、環動架橋点のスライドによる応力緩和および強靭化の分子的機構を解明しました [4-6]。これらの研究成果は、動的架橋を有する高分子架橋材料の力学・破壊物性の発現メカニズム解明に大きく貢献するとともに、高強度高分子ゲル・ゴム・樹脂を開発する上での材料設計指針を示すものです。授与式は 5 月 13、14 日に行われる日本レオロジー学会年会にて、オンラインで行われました。現在は、中性子科学研究施設の一員として、JRR-3 研究用原子炉に設定された中性子散乱装置の共同利用に従事しており、様々な変形が加わった状態における高分子材料の微視的構造・ダイナミクスのその場観察を通して、高強度高分子材料の強靭化メカニズム解明をさらに推し進めていきたいと考えております。

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] 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).

[4] H. Gotoh, C. Liu, A. B. Imran, M. Hara, T. Seki, K. Mayumi, K. Ito*, Y. Takeoka, ”Optically transparent, high-toughness elastomer using a polyrotaxane cross-linker as a molecular pulley”, Science Advances, 4, eaat7629 (2018).

[5] Y. Yasuda, Y. Hidaka, K. Mayumi, T. Yamada, K. Fujimoto, S.Okazaki, H. Yokoyama, K. Ito, “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 (2019).

[6] 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 (2020).

ISSP ワークショップ

第２回ナノスケール物性科学の最先端と新展開

会場：東京大学物性研究所　オンライン開催

日時：2021 年 6 月 22 日　13：00－18：00

提案者（いずれも東大物性研）

勝本 信吾、大谷 義近、長田 俊人、山下 穣、三輪 真嗣、長谷川 幸雄

量子デバイスや量子コンピュータに結び付くナノスケールで制御された領域での特異な量子輸送現象、物質表面・界面や二次元原子層物質における対称性の破れに起因する特異なスピン輸送現象の観測とその制御、さらにはフラットバンドやファンデルワールスエピタキシ―さらには最近のマジックアングルなど常に新しいテーマを提供する原子層物質など、ナノスケールでの物性研究は近年益々発展を遂げ、注目を集めている。このように進捗著しいナノスケール物性研究の最先端研究の動向を見極め、近い将来において展開されることが予想される研究の方向を探る目的で、昨年度（2020 年 7 月 21-22 日）に開催された第一回に引きつづき、今年度もナノスケールでの物性研究の最先端の現状と将来展望を語るワークショップを開催した。今回は、現在ナノスケール物性研究部門を中心に準備を進めている量子ナノ物質創成ラボの設立を見据えて、低次元物質やスピントロニクスさらには量子ビットなどの量子輸送現象に着目して、当該分野での新進気鋭の研究者に講演を依頼した。物性研究所内外の研究者・学生諸氏を交えて議論を進めていくことで、近い将来の「量子ナノラボ」を中心とした共同利用・共同研究推進にも繋げていこうとする試みである。

ワークショップのプログラムは、はじめの所長挨拶に続いて、以下のとおりである。

13:05-13:40　若村 太郎（NTT 基礎研）
「原子層物質におけるスピン軌道相互作用が創出する新奇物理現象の開拓」

13:40-14:15　張 奕勁（東大生産研）
「二次元物質におけるバルク光起電力効果」

14:15-14:50　吉見 龍太郎（理研 CEMS）
「磁性ラシュバ半導体が示すスピントロニクス特性」

14:50-15:25　塩見 雄毅（東大総合文化）
「ディラック半金属 Cd3As2 ナノワイヤにおける表面状態由来の量子振動」

15:40-16:15　高田 真太郎（産総研）
「固体電子系における飛行量子ビットの実現と物性測定への応用」

16:15-16:50　中島 峻（理研 CEMS）　「半導体電子スピン量子ビットの高速量子状態制御」

16:50-17:25　橋坂 昌幸（NTT 基礎研）
「分数-整数量子ホール系界面における電荷ダイナミクス」

17:25-18:00　川上 恵里加（理研白眉 CEMS）
「ヘリウム液面電子を用いて量子コンピュータを実現することを目指した研究」

最初の森初果所長の挨拶では、設立を控える量子ナノ物質創成ラボに関する内容とその設立経緯に関する詳細な説明があり、同ラボが今後のナノスケール研究における共同利用・共同研究のコアとしての役割を担うことへの理解と支援を要請するとともに、本ワークショップがナノスケール研究の将来展望を探る上での端緒となることを期待するメッセージがあった。

研究発表では８件の招待講演が行われた。講演者はいずれも新進気鋭の若手研究者ばかりで、これからの日本のナノスケール研究推進の中核を担うと思われる人材が集結した。前半には、原子層物質・界面・ナノワイヤなど低次元物質の研究発表が行われ、その低対称性に絡むスピン軌道相互作用の発現、ベリー位相、非相反電流、トポロジカル物性など現代の物質科学を突き進む最先端の研究発表が続々となされた。一方、後半には、微細加工技術を駆使して電子の量子状態を制御することを基本とし、その制御性やコヒーレンス度を高めて量子コンピュータへの展開を図ろうとする研究や、制御された系に潜む物理学の基本原理を見出そうとする研究などが紹介された。最後には、液体ヘリウム表面に局在した電子を制御することで量子ビットを構成しようとする意欲的な講演もあった。

いずれも大変興味深い講演内容であったが、詳細を記することは執筆者の能力を超えるので無理である。講演のアブストラクトや関連する参考文献等は、ワークショップのWEBサイト https://hasegawa.issp.u-tokyo.ac.jp/2021nanoworkshop に掲載されているので、興味を持っていただいた方は是非ともご覧いただきたい。

本ワークショップは ZOOM で行われたこともあり、聴衆の反応を直接探ることは出来ていないが、講演後の討論の時間では聴衆からの質疑が続き活発な議論が展開されており、いずれの講演も聴衆の関心を大いに惹きつけたものと推測される。事前に WEB サイトに登録していただいたアドレスにワークショップ開催の ZOOM の URL を送付する方法を採ったが、サイトでの登録者数は重複を除いて 240 名、ZOOM での集計から重複や短時間のアクセスを除いた当日の参加者は210名であった。二日間の開催で表面系も含めて講演内容が多分野に渡っていた第一回のワークショップに比べればやや少なめではあったものの、参加者リストを見ると、海外を含めて遠方からのアクセスも多く、オンライン開催ならではメリットも十分にあったものと思われる。

半日という短い時間ではあったものの、cutting-edge な研究成果の発表とその後の熱い議論に参加する／垣間見る機会を得て、主催者としても学ぶところが多く大いに刺激を受けた濃密な時であった。改めて話題提供いただいた招待講演者の先生方に感謝するとともに、間際の申請であったにも関わらず ISSP ワークショップとしての開催をお認めいただいた物性研究所、多忙の中にも開会の挨拶をいただいた森所長、そしてワークショップにご参加いただいた内外の物性研究者諸氏に大いに感謝したい。謝意を表する意味で、前半終了時に撮影した集合写真を以下に掲載する。

（文責　長谷川）

物性研究所ワークショップ
「第二回ナノスケール物性科学の
最先端と新展開」
日時：2021年6月22日（火）
13:00-18:00
場所：オンライン

ISSP ワークショップ

ISSP WOMEN'S WEEK 2021

https://yamashita.issp.u-tokyo.ac.jp/210803womensweek/

【日程】2021 年 8 月 3 日（火）～5 日（木）
【場所】オンライン Zoom ミーティング
【研究会提案者】秋山 英文、尾崎 泰助、押川 正毅、徳永 将史、松田 巌、三輪 真嗣、森 初果、山下 穣、吉信 淳

物質の多彩な物性を解明しようとする物質科学の発展には、研究領域のさらなる広がりとそれを担う研究者のダイバーシティの推進が欠かせない。そこで、理工系の研究分野でいまだ少数派にとどまっている女性研究者のより一層の活躍を図るための「ISSP WOMEN'S WEEK 2021」と題した物性研ワークショップが開催された。講演者として、これから研究者を目指す女子学生のロールモデルとなる各研究分野を代表する指導的立場の女性研究者から、新進気鋭の若手女性研究者まで、物質科学の幅広い分野から最先端で活躍する女性研究者を招待した。通常の研究会では主題となる研究テーマがあるが、この研究会では女性研究者同士のネットワーク形成のきっかけ作りを目的とし、下記のプログラムからもわかるように生物物理から化学、表面物性、強相関電子系研究まで様々な分野の研究者に講演いただいた。そのため、講演では他分野向けのイントロダクションに加えて、講演者自身の簡単な自己紹介もお願いした。さらに、ダイバーシティ推進に必要な今後の方策についての意見も講演いただいた。2 日目にはダイバーシティ推進に向けた東大と九州大学の取り組みについて林香里（東京大学　理事・副学長）、玉田薫（九州大学　主幹教授・副学長）の 2 氏による特別講演をそれぞれいただき、パネルディスカッションを行った。このワークショップの事前参加登録者は 166 名に及び、3 日間を通じて 60 – 90 名/日の参加者があった。

研究会は Zoom を用いたオンラインミーティングで開催し、プログラムにあるように 18 名の招待講演者による研究発表が行われた。オンライン化による参加者間の議論の不足を補うために各講演の後には講演者ごとのブレイクアウトルームを作成し、参加者は自由にブレイクアウトルーム間を移動して議論できるようにした。セッション間にはこのブレイクアウトルームの議論と休憩を合わせて 30 分の時間を設けた。当初の予定ではブレイクアウトルームの議論は 15 分ぐらいをめどにして休憩に入ってもらう予定であったが、時間いっぱいまで活発な議論が続いたブレイクアウトルームもあった。講演者以外の参加者同士の交流の場として別途 spatial.chat.のサイトも開設したが、こちらの利用は低調だった。ブレイクアウトルームでの議論が活発だったこともあるが、誰がどのように利用するかの共有が足りなかった。

講演では実に様々な研究が紹介された。いくつかのキーワードを列挙すると、表面・界面における物性測定、第一原理計算による物質設計、量子ビームを用いた物性測定、神経細胞軸索や光感受性タンパク質の生物物理研究、分子性物質における π 電子系の設計と合成、光誘起相転移、準周期系・強相関系における電子状態の研究、時間分解光電子分光、超高圧下やナノ粒子中における水素の研究、トポロジカル磁性物質の開発など多岐にわたっている。質疑応答やその後のブレイクアウトルームでも活発な議論がなされ、異分野間の研究交流を促せたと考えている。

講演者には通常の研究紹介だけでなく、女性研究者を増やすための取り組み、特に女性が研究室主宰者(PI)に昇進するまで研究職を続けにくい問題（リーキーパイプライン、「用語解説」参照）について(1)現状の問題点(2)必要な対策(3)所属機関で現在行われている取り組みの 3 点についてご意見をいただいた。また、参加者にもこうした問題に関して自由なご意見をいただいた。これらの意見をダイバーシティ推進に関するパネルディスカッションの議論の参考とした。その抜粋をここに紹介する。また、男女共同参画に関わるいくつかの専門用語について、この報告の最後に「用語解説」の説明を参照いただきたい。

■ 現状の問題点について

- 結婚・出産・育児といったライフイベントと PI に向けて業績を積まないといけない時期が重なる影響が大きい。結婚しにくい、責任あるポストへ応募できないなど。
- 多様なロールモデルの欠如。
- 勤務地の障壁による二体問題(「用語解説」参照)。女性研究者は配偶者も研究者である場合が多く、応募できる場所の制限から就職活動に障害がでたり、単身赴任を避けるためにキャリアアップを諦めてしまったりするケースがでてしまう。
- インポスター(Imposter)症候群と呼ばれる、自分の能力や実績を認められない状況に女性のほうが陥りやすい(「用語解説」参照)。
- 不安定な雇用環境、不透明な採用基準。

■ 必要な対策について

- 夕方遅い時間や土日に会議や大学業務をいれない。フレキシブルな勤務形態の確保。
- 理工学分野の女性研究者のキャリア形成の情報の共有。
- 無意識のバイアス(「用語解説」参照)の克服を目指した、大学教職に対する Faculty Development の推進、女性の高学歴化を望まない親世代や職場における男性教員の意識改革が必要。
- 業務軽減のための人員配置、育児・家事サービスへの補助の拡充。
- 研究職の負の側面(長時間労働、不安定な雇用環境)を上回る魅力(フレキシブルな勤務時間など)があることを伝える。
- 採用審査後の採用理由の一般公開があれば、自分が PI になれるかどうかの指針を得やすいのではないか。
- 指導教員が産休などで不在時にも継続的に学生を指導できる副指導教員制度。
- 女性限定公募などのアファーマティブアクション。
- 産休・育児休暇取得時の任期期間や研究予算の執行期限の延長。

■ 所属機関での取り組み例

- サポート職員を雇うための補助。
- 学内におけるダイバーシティ教育。
- ウーマンテニュアトラックなどの女性限定採用とそれに対する支援。
- スタートアップや育児休暇などからの復帰時の研究費補助。
- ベビーシッター利用育児支援。
- 女性教員フォローアップメンターシステム。
- リケジョ合宿やリケジョカフェ。

■ 参加者からのコメント(抜粋)

- 女性教員の採用や学生の入学定員に関して、その男女比に制限を課すクオータ制の導入を検討すべき。特に、東大がやることによる全国への波及効果は大きい。
- 性別に関する議論はやめて、研究に関して平等に議論を進めればよい。
- 男性教員が女性の直面している問題やハラスメント問題に関して無知・無自覚であることが問題である。
- 博士課程に進むと結婚できなくなるという懸念を持つ女子学生は多い。出産や子育てのライフイベントとの両立が難しいという印象を取り除かないと女子学生は研究職に魅力を感じない。
- 子育て中の研究者に対する業務の軽減とサポート要員の確保が必要である。
- 多数派である男性研究者による女性研究者への過小評価(マチルダ効果、「用語解説」参照)や無意識のバイアスといった問題克服のために、男性研究者の意識改革が必要である。
- ライフイベントの発生時期に雑用を徹底的に当てないシステム作り、そのためにも普段から「教員でなくてもでき

る仕事は教員にさせない」を徹底、全員の意識改革と強い応援姿勢が必要である。

- ダイバーシティ教育によって研究室にある「男尊女卑」意識の撤廃が重要。
- 育児や家事の負担が女性だけに偏っていることがそもそもの問題。男性が育児休暇を積極的にとるようになって、家庭と研究の両立が誰もが自然にできるようにならなければいけない。
- 研究職はそもそも不安定で非常勤のままの例もあり、魅力を感じない。
- 女性研究者を増やすための取り組みによって女性研究者に余計な負担が発生している。業務のバランスが重要である。
- 子育てによる負担によって同世代の男性研究者より研究に時間を取れず、今後のポジティブなキャリアパスが抱けない。

2 日目に行われた特別講演では東京大学の林香里氏からダイバーシティの重要性に関する説明に続いて、東京大学における男女共同参画に関する取り組み事例について紹介があった。九州大学の玉田薫氏からは JST 第一回「輝く女性研究者活躍推進賞」を受賞している九州大学での先進的な取り組みについて講演があった。

特別講演の後、この二人に加えて、慶應大学の清水智子氏、分子研の南谷英美氏、岡山大学の竹森那由多氏の 3 名にパネリストとしてご参加いただき、徳永所員の司会の下、パネルディスカッションを行なった。ディスカッションのテーマは事前アンケートを参考に考えられ、主に以下のような議論が行われた。

1. 女性限定人事について

   女性限定人事の採用経験者から、手厚い支援を得られてありがたかった一方、実力以上の評価をされていないかという罪悪感があり精神的負担となったという意見があった。実際に女性限定人事を行なっている九州大学のデータでは、女性限定採用者は男性教員と比べても、より優秀な業績や資金獲得歴があるという結果が紹介された。精神的負担になるのは女性教員の問題ではなく、マジョリティーの男性側の意識改革が必要であるとの意見も出された。

2. ロールモデルとネットワーク形成

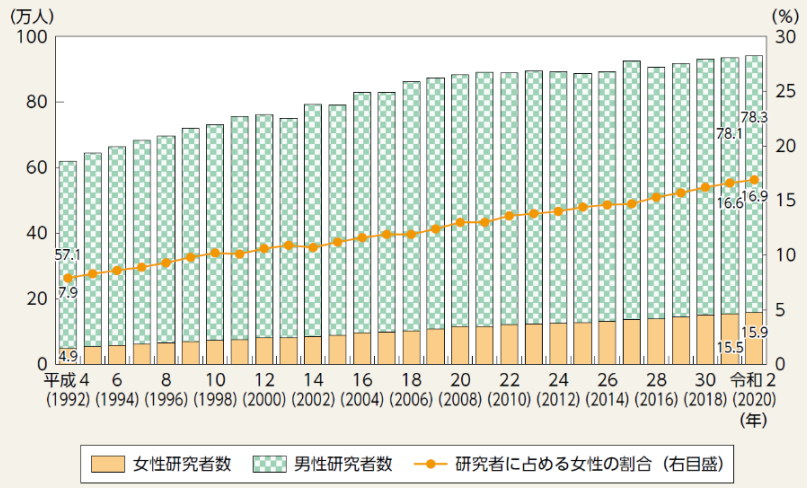
   海外には様々なネットワークグループから色々な情報を自動的に受け取ることができるが、日本ではそのようなことはなく SNS の利用が遅れているというコメントがあった。東京大学において slack を中心に活動する utokyo-women という研究者ネットワークグループに関する紹介があった(https://sites.google.com/g.ecc.u-tokyo.ac.jp/utokyo-women/)。また女性ロールモデルに関して、業績等が圧倒的に優れた人だと萎縮してしまうというコメントもあった。

3. 周囲の意識改革について

   男性でも男女共同参画に積極的な教員はいるが、人事評価や周囲の理解が得られにくいという意見が出された。大学としては午後 5 時以降の会議は禁止としていても、遅い時間や土日の会議がなくなっていないという指摘があった。ハードな働き方を求める「マッチョ文化」が根強く、PI へのマネジメント研修が必要との意見が出された。

通常の研究発表に加えて、ダイバーシティ推進も議論するというこれまでにないスタイルの研究会であったが、研究に限らない大きな学びのあるワークショップであった。研究会の提案メンバーにとっても、今後のダイバーシティ推進にむけての現状と課題(参考データ 1～3 参照)を認識する場となった。「ISSP WOMEN'S WEEK 2021」という研究会名称には、今後こうした会議を定期的に開催して、物質科学分野における女性研究者のネットワークハブとしての役割を物性研が果たしたいという意図が込められており、引き続き、ダイバーシティ推進に取り組んでいきたい。

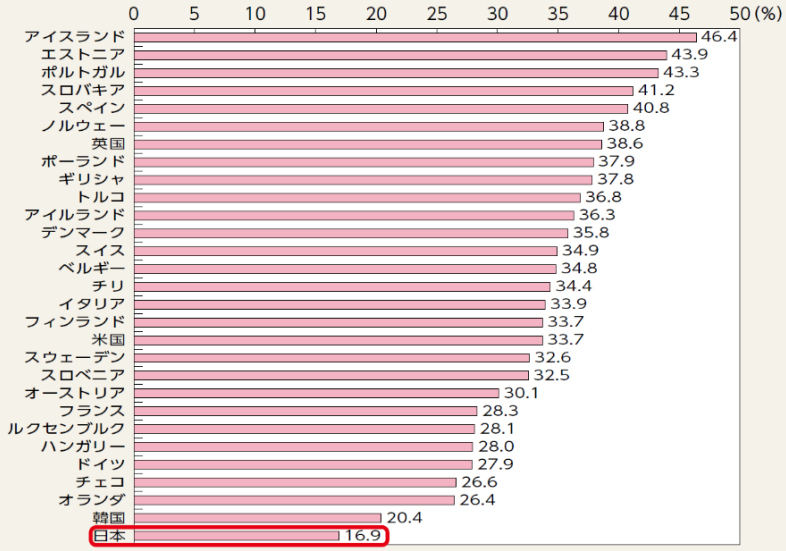
Ⅰ－５－６図　女性研究者数及び研究者に占める女性の割合の推移



（備考）１．総務省「科学技術研究調査」より作成。
２．平成13年までは各年４月１日，平成14年以降は各年３月31日現在。
３．平成７年，９年及び14年に調査対象や標本設計等が変更されている。
４．平成13年までの研究者数は，企業及び非営利団体・公的機関については実際に研究関係業務に従事した割合で按分して算出した人数とし，大学等は実数を計上。平成14年以降は全機関について実数で計上されていることから，時系列比較には留意を要する。
５．研究者数は，自然科学系の研究者だけでなく，人文・社会科学系等の研究者も含まれている。

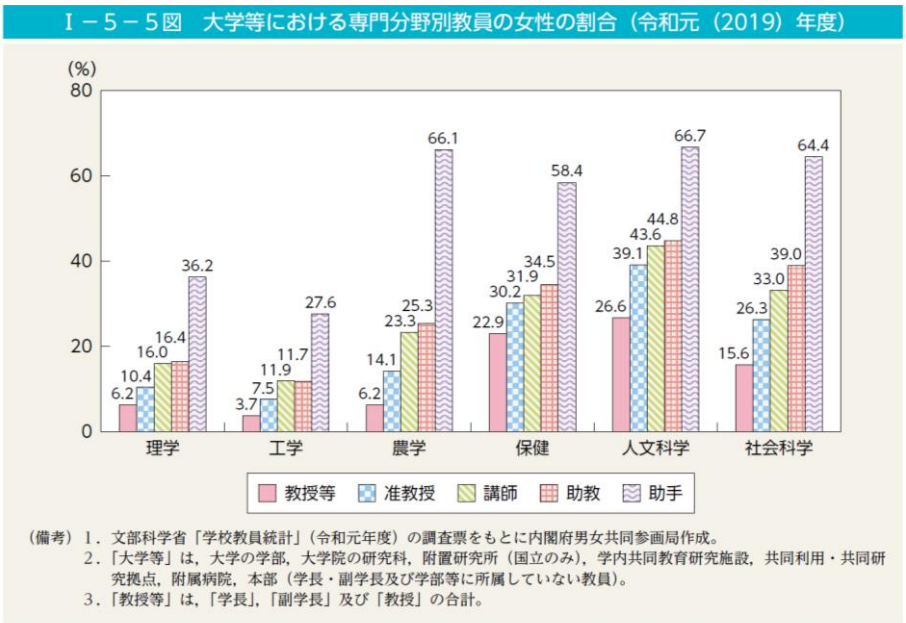
参考データ１：女性研究者数及び研究者に占める女性の割合の推移(男女共同参画白書令和３年版より)。

Ⅰ－５－７図　研究者に占める女性の割合（国際比較）



（備考）１．総務省「科学技術研究調査」（令和２年），OECD“Main Science and Technology Indicators ”，米国国立科学財団（National Science Foundation：NSF)“Science and Engineering Indicators ”より作成。
２．日本の数値は，令和２（2020）年３月31日現在の値。アイスランド，ギリシャ，アイルランド，デンマーク，スイス，ベルギー，米国，スウェーデン，オーストリア，フランス，ルクセンブルク，ドイツ及びオランダは平成29（2017）年値，その他の国は，平成30（2018）年値。推定値及び暫定値を含む。
３．米国の数値は，雇用されている科学者（Scientists）における女性の割合（人文科学の一部及び社会科学を含む)。技術者（Engineers）を含んだ場合，全体に占める女性科学者・技術者の割合は29.0%。

参考データ２：研究者に占める女性の割合の国際比較(男女共同参画白書令和３年版より)。



参考データ 3：大学教員における分野別女性割合(男女共同参画白書令和 3 年版より)

ISSP WOMEN'S WEEK 2021

	8月3日(火)		8月4日(水)		8月5日(木)	
	Chair	Speaker	Chair	Speaker	Chair	Speaker
10:00	松田(巌)	數間 惠弥子	吉信	深澤 愛子	三輪	榮永 茉利
10:30		高山 あかり		藤野 智子		古府 麻衣子
11:00		清水 智子		所 裕子		高木 里奈
11:30	B&B		B&B		Closing: 森所長	
12:00-13:00	Lunch Break		Lunch Break		B&B	
13:00	尾崎	南谷 英美	押川	竹森 那由多		
13:30		高村(山田) 由起子		田財 里奈		
14:00		永村 直佳		石坂 香子		
14:30	B&B		B&B			
15:00	秋山	竹尾 陽子	徳永	＜特別講演＞		
15:30		林 久美子		＊林　香里		
16:00		大木 規央		＊玉田　薫		
16:30	B&B			パネルディスカッション		

＜プログラム＞　　講演 25 分＋質疑応答 5 分

8 月 3 日（火）

9:50 – 10:00　　冒頭趣旨説明　　山下 穣（東京大学物性研究所・男女共同参画委員）

Session 1: 座長　松田 巌

10:00 – 10:30　　數間 惠弥子　（理化学研究所）

近接場光が誘起する表面反応の実空間研究

10:30 – 11:00　　高山 あかり　（早稲田大学）

端っこの物理学～ようこそ低次元の世界へ～

11:00 – 11:30　　清水 智子　（慶應義塾大学）

STM と AFM を用いた機能性有機分子の構造解析

11:30 – 12:00　　B&B

Session 2: 座長　尾崎 泰助

13:00 – 13:30　南谷 英美　（分子科学研究所）
ナノスケール磁性およびフォノンの計算物質科学

13:30 – 14:00　高村（山田）由起子　（北陸先端科学技術大学院大学）
実験と計算の協奏による新奇二次元材料の創成

14:00 – 14:30　永村 直佳　（物質・材料研究機構）
量子ビームとインフォマティクスで実現する多次元計測技術と『環境』科学への展開

14:30 – 15:00　B&B

Session 3: 座長　秋山 英文

15:00 – 15:30　竹尾 陽子　（東京大学物性研究所）
軟 X 線顕微イメージングのための光学素子開発

15:30 – 16:00　林 久美子　（東北大学）
非平衡統計力学を用いた神経細胞軸索輸送の研究

16:00 – 16:30　大木 規央　（ノッティンガム大学）
光感受性タンパク質の動的構造解明

16:30 – 17:00　B&B

8 月 4 日（水）

Session 4: 座長　吉信 淳

10:00 – 10:30　深澤 愛子　（京都大学）
新奇π電子系の設計・合成化学と機能探求

10:30 – 11:00　藤野 智子　（東京大学物性研究所）
低分子と高分子の間の「オリゴマー」を用いた高伝導性材料の開発

11:00 – 11:30　所 裕子　（筑波大学）
熱力学的双安定性にもとづく新機能物性の開拓

11:30 – 12:00　B&B

Session 5: 座長　押川 正毅

13:00 – 13:30　竹森 那由多（岡山大学）
超伝導ハイパーマテリアルの理論的研究

13:30 – 14:00　田財 里奈　（名古屋大学）
低次元強相関電子系における超伝導・量子相転移の理論研究

14:00 – 14:30　石坂 香子　（東京大学）
量子ビームを使った物性科学 の新展開

14:30 – 15:00　B&B

15:00 – 17:00　パネルディスカッション: 座長　徳永 将史

はじめに　徳永　将史

特別講演　林　香里（東京大学　理事・副学長）

特別講演　玉田　薫（九州大学　主幹教授・副学長）

パネリスト紹介（南谷英美（分子研）、竹森那由多（岡山大学）、清水智子（慶応義塾大学）

意見交換会

8 月 5 日（木）

Session 6: 座長　三輪 真嗣

10:00 – 10:30　　榮永 茉利　（大阪大学）

高圧力下で実現する水素化合物の高温超伝導の探索

10:30 – 11:00　　古府 麻衣子　（日本原子力研究開発機構）

中性子散乱で探る物質中の水素とスピンのダイナミクス

11:00 – 11:30　　高木 里奈　（東京大学）

トポロジカルな磁気構造を伴う新物質の開拓

11:30 – 11:45　　Closing Remarks　森 初果（東京大学物性研究所・所長）

11:45 – 12:00　　Break-out sessions for session 6

図：左上から時計回りで、講演での問題提案の様子、東京大学の林香里氏の特別講演、九州大学の玉田薫氏の特別講演、パネルディスカッションの様子

用語解説：

＜リーキーパイプライン＞

研究職などにおいて、職位が上がるにしたがって女性研究者の割合が減っていく状況(参考データ 3)を表した言葉。女性研究者のキャリアアップを妨げる様々な要因によって、研究者キャリアのパイプラインから漏れ落ちてしまっていることを表す。

＜インポスター症候群＞

優れた業績があるにもかかわらず、それは自身の能力ではなくて周囲の支援者や現在の研究環境によって偶然もたらされたもので、自身が過大評価されている詐欺師(imposter)と感じてしまう現象。自身の能力に対する不安から、研究者としてのキャリアアップに向けた活動や企業内での昇進をためらってしまう問題を表した言葉。

＜無意識のバイアス＞

男女の性差などに対して無意識に持つ思い込みや偏見。親が単身赴任と聞くと母親ではなくて父親だと思ったり、育児中の同僚に対する仕事の分担に対して女性側にだけ配慮を感じてしまったり、比較的女性が多い職業(看護師、フライトアテンダントなど)に男性がいると能力が低いのではないかと疑ってしまったりすることなど。こうした性差に関する先入観や固定観念に基づくステレオタイプバイアスの他にも、正常性バイアス、確証バイアス、集団同調性バイアスなどが知られている。経験や社会的背景に基づいた脳の自動情報処理が関わっているとされ、ある種の生理現象のように誰にでも起こりうる。

＜マチルダ効果＞

女性研究者による貢献が過小評価され、その業績が男性同僚の方に与えられてしまうバイアスを指す言葉。この効果を最初に提唱した Matilda Gage 氏にちなんで呼ばれる。染色体異常によるダウン症の研究を進めた Marthe Gautier 博士や DNA 二重螺旋の X 線写真の撮影に成功した Rosalind Franklin 博士の例が知られる。

＜二体問題＞

夫婦がともに研究者である場合、勤務地が離れることによる別居や育児負担などの問題によって女性側のキャリアアップが阻害されてしまう問題を表した言葉。

参考文献

1. 「理工学分野におけるジェンダーバランスの現状と課題」、日本学術会議　第三部　理工学ジェンダー・ダイバーシティ分科会、令和 2 年（2020 年）6 月 5 日
2. 男女共同参画白書、内閣府 (https://www.gender.go.jp/about_danjo/whitepaper/index.html)
3. 「女性研究者のキャリア形成とワーク・ライフ・バランス」、篠原さやか、日本労働研究雑誌 No.722/September 2020, 4
4. 「理系女性の人生設計ガイド 自分を生かす仕事と生き方」、大隅 典子、大島 まり、山本 佳世子、講談社 (2021/5/20)

第 66 回物性若手夏の学校開催報告

東京大学大学院 工学系研究科 物理工学専攻　　増木 亮太

1．はじめに

物性若手夏の学校は、物性物理学の大学院生を中心とする若手研究者を対象としたサマースクールであり、物性科学の幅広い分野をカバーしている。物性科学は物理学以外の様々な分野ともつながりが強い広大な研究分野であり、その最先端は刻一刻と発展を続けている。そのため、若手研究者にとって、自身の専門分野を超えて、物性科学の様々な分野における研究の動向を把握することは非常に難しくなっている。物性若手夏の学校はこのような課題を受け、若手研究者に学習・発表・交流の機会を提供する研究会として半世紀以上にわたって開催されてきた。

第 66 回物性若手夏の学校は、2021 年 8 月 2 日(月)～5 日(木)の 4 日間にかけてオンラインで行われた。本年度は、スタッフ 24 名、一般参加者 237 名、講師 18 名の合計 279 名の方に参加していただいた。招聘講師による講義・集中ゼミ、参加者による研究発表ともに、活発な質疑応答、議論が行われた。また、オンライン開催でありながらも参加者同士の交流も積極的に行われた。

2．企画報告

第 66 回物性若手夏の学校のプログラムは以下の表の通りである。以下で、各企画の詳細について説明する。

	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	グループセミナー （13:00～15:00）		ポスターセッション （13:00～15:00）	座談会・閉校式 （13:00～15:00）
午後 2	集中ゼミ 1 （15:30～18:30）	分科会 （15:30～18:40）	集中ゼミ 2 （15:30～18:30）	
夜		懇談会 （20:30～22:00）		

2.1 講義・集中ゼミ

物性若手夏の学校は例年、物性物理学分野の最先端でご活躍される先生方をお招きして講義・集中ゼミを開講している。これらの講演を聞くために夏学に参加するという参加者も非常に多く、物性若手夏の学校の中心的な企画である。

講義は、参加者が物性物理学の最先端につながるトピックを基礎から深く理解することを目的としており、3 時間×3 日の合計 9 時間かけて行われた。物性物理学の各分野からお招きした 6 名の先生方による講義が同時に行われ、各参加者は最も興味を惹かれる講義を一つ選んで参加した。集中ゼミは、参加者が物性物理学の最先端の研究について知識を広げることを目指しており、一つあたり 3 時間で行われた。集中ゼミは二日間(集中ゼミ 1, 2)に分けて行われ、それぞれ 6 名ずつの先生方にご講演いただいた。

第 66 回物性若手夏の学校の講義・集中ゼミの招聘講師と題目は以下のとおりである。私自身は、講義は森本高裕先生の「物性物理にあらわれるトポロジカル応答現象」、集中ゼミは佐藤正寛先生の「周期駆動非平衡量子系の理論の入門」と村上雄太先生の「相関電子系の非平衡物性研究の最前線」に参加した。どの講演も内容がとても豊富で、基礎的な部分から最新の話題の導入までが含まれていた。また、参加者からの質問も非常に多く出て、活気にあふれた雰囲気であった。

表 1: 第 66 回物性若手夏の学校の招聘講師(50 音順、敬称略)、講演題目の一覧

企画	講師(敬称略)	題目
講義	宇田川将文	量子スピン液体の素励起
(3時間×3日間)	栗田玲	相転移ダイナミクスと関連分野の近況
	島田尚	"生態系"の統計物理学
	田中宗	量子アニーリングやイジングマシンの基礎と応用
	森本高裕	物性物理にあらわれるトポロジカル応答現象
	和達大樹	X線とレーザーによる遷移金属化合物の秩序とダイナミクス研究
集中ゼミ	青柳富誌生	動的に変化するネットワークと結合力学系 -数理モデル構築からデータ解析まで-
(3時間)	枝松圭一	単一光子，量子もつれ光子の発生と量子計測
	越野幹人	グラフェンと 2 次元物質
	佐々木健人	ダイヤモンド中窒素-空孔中心のセンサー応用と物性計測
	佐藤正寛	周期駆動非平衡量子系の理論の入門
	高橋陽太郎	トポロジカル磁性体の磁気光学応答
	豊泉太郎	カオスの縁における神経活動の雪崩現象
	中川裕也	Noisy Intermediate-Scale Quantum デバイスを用いた物性シミュレーションの可能性
	中島秀太	冷却原子系を用いた量子シミュレーション実験
	御手洗光祐	量子コンピュータの機械学習への応用
	村上雄太	相関電子系の非平衡物性研究の最前線
	山本貴博	熱電応答理論の基礎と応用

2.2 分科会・ポスター発表・グループセミナー

第 66 回物性若手夏の学校では、参加者である学生の研究発表の場として分科会、ポスター発表、グループセミナーを企画した。分科会とポスター発表はそれぞれ学会の口頭発表、ポスター発表の形式で行われた。多くの企画が Zoom を用いて開催されたのに対し、ポスター発表と後述する懇談会では Remo を用いた。また、グループセミナーはカジュアルな研究発表の場として実施され、参加者が 4～5 人ずつのグループに分かれ、自身の研究について 30 分ほどで説明した。参加者と発表者の世代が近く質問しやすい雰囲気であったこともあり、いずれの企画でも活発な議論が行われた。分科会では私は座長を務めたが、質疑応答の時間一杯まで質問が出て、私自身はほとんど質問できないほどであった。また、ポスターセッションでは議論が盛り上がり、そのまま深夜まで議論を続けていた参加者もいた。

分科会とポスター発表では、参加者の投票による賞を設けた。ポスターセッションでは、最優秀ポスター発表賞を吉田智治氏が、分科会では各部門の最優秀発表賞を大西由吾氏、金賀穂氏、中井宏紀氏、三橋洋亮氏、宮本明典氏が受賞した。

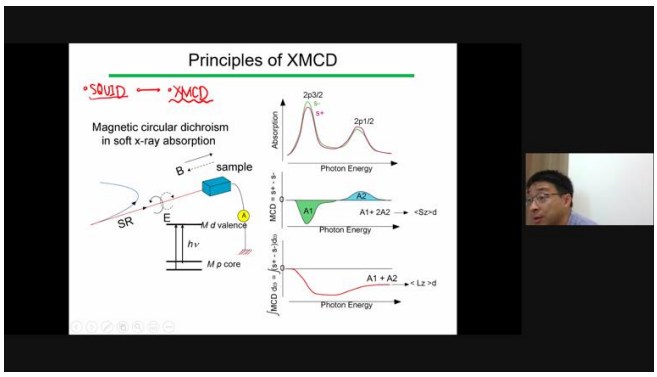


写真: 講義風景

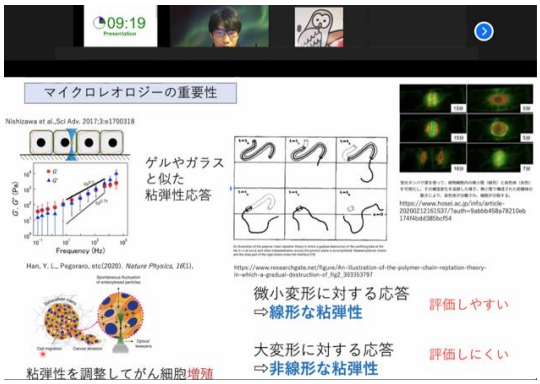


写真: 分科会の様子

2.3 懇談会・座談会

懇談会では、参加者どうしが食事や飲み物を片手にオンラインで議論や交流を行った。Remo の会場には時間いっぱいまで多くの参加者が残っており、盛況を博していた。座談会はパネルディスカッション形式で行われ、講義を担当いただいた 6 名の先生方に参加者に登壇いただき、事前に募集した質問に答えていただくという形で実施された。日常生活のことや研究者のキャリアのことなど、普段なかなか聞く機会がない物理以外の話題に関する質問が数多くなされ、先生方から貴重なお話を聞くことができた。

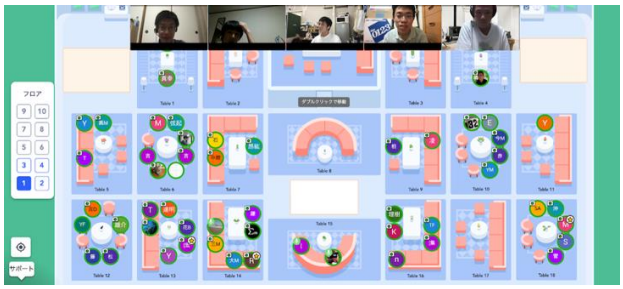


写真: 懇談会の様子

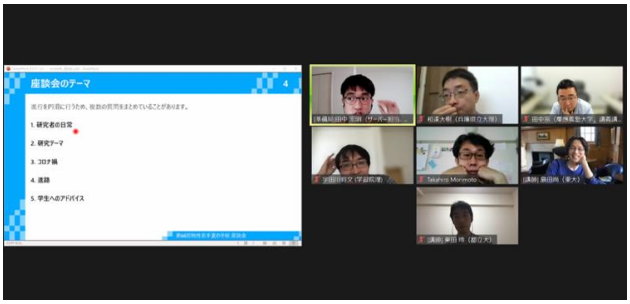


写真: 座談会の様子

3．総括

本年度の物性若手夏の学校はオンラインで開催され、物性物理学の幅広い分野から多くの参加者及び講師が集い、議論や交流ができる非常に有意義な場となった。オンライン開催についても、コロナ禍の中で全国の大学の先生や学生と議論ができた点や、現地に行かなくても気軽に参加できる点について好意的な意見が多く、成功のうちに終わったと言える。私自身、この夏学の講義・集中ゼミで、以前から興味を持っていたが独学では勉強できずにいた分野について勉強できたり、今まで論文を見て名前を知っていた方と直接話すことができたりと、とても貴重な経験ができた。

コロナ禍になって一年半、人と人との交流が強く制限され、同じ大学の中でさえ研究室の外の人と知り合う機会がほとんどないような状況がいまだに続いている。このような状況は研究を始めたばかりで知識も知り合いも少ない若手にとって特に大きな打撃になると考えられる。したがって、夏の学校のように、若手が知識を増やしたり若手同士の交流ができる研究会の意義がますます大きくなっていると感じている。第 66 回物性若手夏の学校が若手研究者のこうした悩みを改善し、より良い研究をする助けになればと願うばかりである。

また、今年の夏学では、大学院生に限らず博士研究員や学部生の参加者も多く、参加者の年齢層が広がった印象を受けた。これは、オンライン開催になることで現地の場合よりも気軽に参加できるようになったことが原因であると考えている。今後も参加者する若手研究者の多様性が増し、より活発な議論、交流が行われることを期待している。

一方で、オンライン開催で気軽に参加できるようになったことによる課題もあった。例えば、企画によって当日の参加者数にばらつきが見られたり、例年よりも発表のキャンセルが増えてしまったりと、参加者層が広がったぶん夏学に対してそれほど意欲的ではない層の割合が大きくなったと考えられる。本年度の様子をもとに、参加者数の上限や参加費の見直し、オンライン開催でも参加しやすい企画の検討などに取り組んでいきたい。また、オンラインで顔が見えにくい中で、参加者が 4 日間という時間を共にする一体感が多少薄れてしまったことは否定できない。前述の通り、オンライン開催には参加者層の多様性につながるという大きな利点もある。こうした気軽さによる利点を活かしつつ、現地開催のような密度の高い一体感と両立させることが今後の課題であると考えている。

4．終わりに

最後になりますが、ご多忙の中講演を快く引き受けて下さった講師の先生方、研究で忙しい中で準備や運営に力を貸してくれた夏学スタッフの皆様、そして今年の夏学を共に盛り上げて下さった参加者の皆様に心より感謝申し上げます。また本会開催において京都大学基礎物理学研究所・東京大学物性研究所・東北大学金属材料研究所・材料科学技術振興財団からの援助、日本物理学会・応用物理学会・日本化学会からの後援をいただきました。準備局一同を代表して、ここに厚く御礼申し上げます。

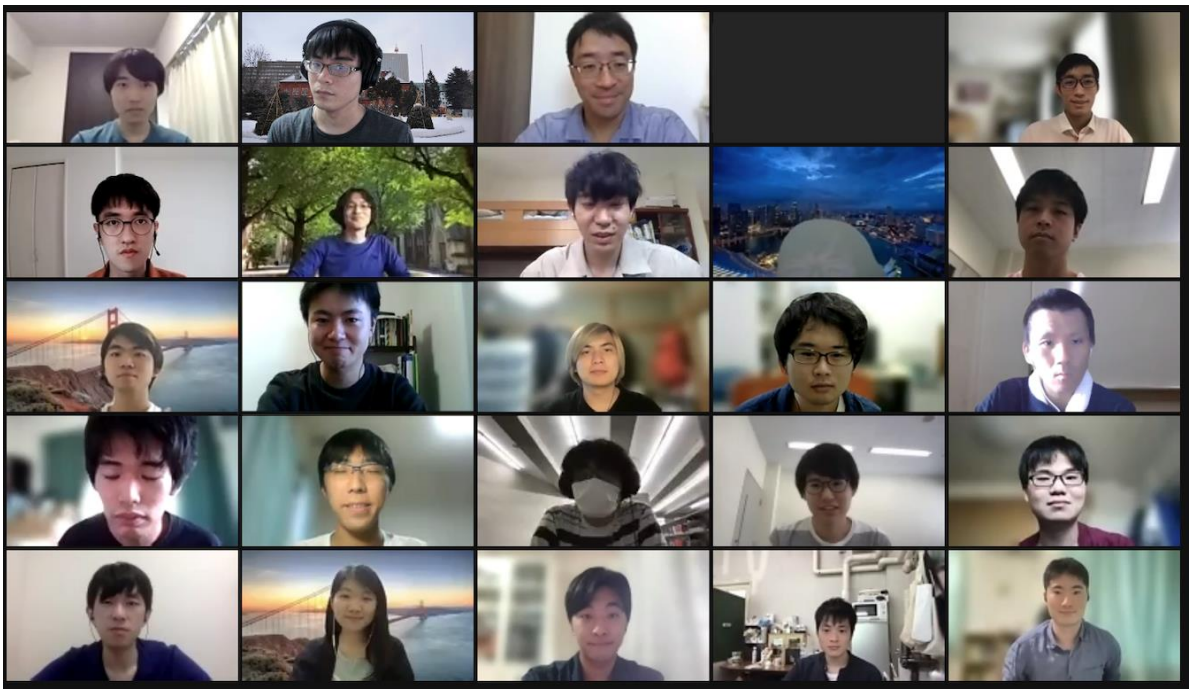


写真: 第 66 回物性若手夏の学校の集合写真(の一枚)

物性研究所談話会

標題：固体物性研究のための多彩な中性子散乱手法
日時：2021 年 9 月 30 日(木)　午後４時～午後５時
場所：Zoom 開催
講師：中島 多朗
所属：東京大学物性研究所
要旨：

中性子は電荷を持たず磁気モーメントを持ち、固体物理で重要とされるエネルギーおよび長さスケール領域に良く合った分散関係を持つ粒子であり、これを用いた物性研究がこれまで盛んに行われてきた。多くの方が中性子散乱について持つイメージは、粉末試料や単結晶試料において多数の回折強度のデータを集めてきて行う結晶・磁気構造解析や、試料からの非弾性散乱シグナルを Q-ω空間にマップしてフォノンやマグノンなどの励起スペクトルを観測することであると思われる。このように定常状態にあるバルク試料の構造と励起を調べる中性子散乱手法はかなり確立し普及しているが、中性子の活用方法はこれだけではなく、より大きな広がりを持っている。今回の談話会では時分割測定、ナノ秒スケールのゆらぎの測定、界面磁性の測定などに有効である中性子散乱法を紹介し、聴衆の皆様に様々な角度から中性子に興味を持ってもらえるようにしたいと考えている。まず時分割測定については、J-PARC のパルス中性子を用いた磁気スキルミオンの過渡現象の測定を紹介する。これはパルス中性子のタイミングと試料に与える熱パルスを同期させることにより、約 50 K/s 程度のスピードで冷却される試料中での磁気スキルミオンの相変化を時分割測定したものである。最近この発展として、小濱准教授との共同研究でロングパルス磁場中の中性子散乱実験を計画中である。また、中性子スピンエコー法という手法を用いるとナノ秒スケールの遅い揺らぎが観測可能である。これが可能な装置は J-PARC と JRR-3 両者に設置されており、これを用いたサイエンスの展開についても言及したい。最後に界面磁性について、我々は偏極中性子反射率を用いて、トポロジカル絶縁体・強磁性絶縁体のヘテロ構造中の磁化分布や、狭ギャップ半導体表面に現れた強磁性状態の検出などに取り組んでいる。これについても薄膜試料に対する中性子の応用例として紹介したい。

【講師紹介】

中島先生は令和元年 10 月に物性研中性子科学研究施設に着任され、以来今年 2 月の JRR-3 の運転再開にご尽力されてきました。講演では、JRR-3 の原子炉定常中性子と J-PARC の加速器パルス中性子を駆使した様々な中性子散乱についてご紹介頂けるものと思います。

標題：駆動された量子系と幾何学効果

日時：2021 年 9 月 30 日(木)　午後 1 時 30 分～午後 2 時 30 分

場所：Zoom 開催

講師：岡　隆史

所属：東京大学物性研究所

要旨：

トポロジーに代表される微分幾何学の考え方は、現代の凝縮系物理学において大切な役割を果たしています。平衡系では、量子状態の幾何学的性質が例えば量子ホール効果などのエキゾチックな現象とどのように関係しているのかは、よく理解されております。一方で、現在は非平衡系、例えば、外場によって駆動された動的な系などの研究も非常に盛んになっています。それらの系においても、幾何学と関係した未知の現象が平衡系と同等かそれ以上に豊富に存在すると考えられますが、その全貌はまだ分かっていません。

数ある非平衡系の中でも、レーザー電場で駆動されたディラック物質は、実験・理論の両面からの研究が可能であり、未知の非平衡現象を調べる上で理想的な系となっています。理論的にも、初等量子物理の知識のみで新しい現象を探索することができる一方で、量子異常やカイラル磁気効果、そしてホログラフィー原理など、高エネルギー物理学に由来した現象や手法の非平衡状態への拡張につながるなど、幾重にも深くそして広い研究が可能です。

本講演では、円偏光レーザー電場照射下のディラック電子系で見られる現象として、フロッケ・ワイル半金属と、幾何学効果を伴うトンネル励起についてできるだけ初等的に説明する。さらに、ホログラフィー原理を用いて得られる強相関模型の相図との比較についても可能な限り触れたい。

【講師紹介】

岡先生は令和 2 年 1 月に物性研機能物性研究グループに着任され、非平衡状態の理解に基づいた物質相における機能発現の方法を理論的に研究されています。講演では、特に非平衡状態の幾何学的性質に着目した未知の現象の探索についてご紹介頂けるものと思います。

物性研究所セミナー

標題：層状結晶性有機半導体を用いた塗布型薄膜トランジスタ
日時：2021 年 8 月 27 日(金)　午前 11 時～午後 0 時
場所：オンライン開催
講師：東野 寿樹
所属：産業技術総合研究所 電子光基礎技術研究部門
要旨：

有機エレクトロニクス材料は、溶媒適合性や自己組織性といった、有機分子ならではのユニークな特徴をもっています。そのような特徴を活かして、溶液を用いて常温常圧下で電子光デバイスを生産する印刷技術が、「プリンテッドエレクトロニクス」のコンセプトのもとに開発されています。これらデバイスの基本回路素子として期待される有機薄膜トランジスタの高性能化に向けた重要なポイントは、それを構築する半導体材料が、効率的なキャリア輸送に最適な２次元分子配列を自己組織的に構築する「層状結晶性」を有することです。我々の研究グループでは、これまで、π電子骨格（πコア）に比較的長いアルキル鎖を導入した棒状有機化合物群の開発を通して、その優れた層状結晶性をもたらす構造的起源の理解に向けて研究に取り組むとともに[1-3]、それら層状材料を活用した塗布プロセスの開発に取り組んできました[4,5]。本セミナーでは、このような塗布型有機半導体を用いて高性能な有機薄膜トランジスタを開発するための最近の研究について紹介します。

[1] T. Higashino et al., CrystEngComm 2020, 22, 3618–3626.
[2] S. Inoue et al., Chem. Sci. 2020, 11, 12493–12505.
[3] T. Higashino et al., Chem. Mater. in press.
[4] T. Higashino et al., Chem. Lett. 2020, 49, 1302–1305.
[5] G. Kitahara et al., Sci. Adv. 2020, 6, eabc8847.

標題：Magnetic quantum phase transition
日時：2021 年 8 月 30 日(月)　午前 10 時～午前 11 時
場所：オンライン開催
講師：Prof. Huiqiu Yuan
所属：Center for Correlated Matter and Department of Physics, Zhejiang University
要旨：

In correlated electron systems, a magnetic transition can be continuously suppressed to zero temperature upon applying a non-thermal parameter such as pressure, magnetic field or doping, giving rise to a quantum critical point (QCP), around which unconventional superconductivity and non-Fermi liquid behavior may appear [1]. In this talk, I will briefly present our recent progresses on the studies of magnetic quantum criticality in the d- and f-electron compounds, with focus on the observations of field-induced antiferromagnetic quantum criticality in CdAs1-xPx, and pressure-induced ferromagnetic quantum criticality in CeRh6Ge4. In CdAs1-xPx, the first-order antiferromagnetic order shows highly unusual behavior in a magnetic field. On the other hand, it has been widely believed that a ferromagnetic quantum critical point is avoided in a pure system [2]. Here, I will show you the first compelling evidence for the existence of a pressure-induced ferromagnetic quantum critical point and its associated strange metal behavior in a clean heavy-fermion compound CeRh6Ge4 [3], which shows characteristics of localized magnetism [4] and

anisotropic hybridization [5]. If time allows, I will also briefly present the results of CeRhIn5 measured under high pressure or/and high magnetic field [6].

References:
[1] Z. F. Weng et al., Rep. Prog. Phys. 79, 094503 (2016).
[2] M. Brando et al., Rev. Mod. Phys. 88, 025006 (2016) and references therein.
[3] B. Shen et al., Nature 579, 51 (2020).
[4] A. Wang et al., Science Bulletin 66, 1389 (2021)
[5] Y. Wu et al., PRL 126, 216406 (2021)
[6] L. Jiao et al., PRB 99, 045127 (2019); PNAS 112, 673 (2015); A. Wang et al., unpublished.

標題：マテリアルズインフォマティクスによる材料・触媒開発の実施例と方法
日時：2021 年 9 月 24 日(金)　午前 10 時～午前 11 時 30 分
場所：オンライン開催
講師：高橋 啓介
所属：北海道大学
要旨：

マテリアルズインフォマティクスを用いた材料・触媒開発について紹介する。
特に材料・触媒データからどのようにして材料・触媒設計を行うかの手順について紹介する。
実例として独自開発したハイスループット実験装置により触媒ビッグデータを構築し、マテリアルズインフォマティクスによる触媒設計と実験による実証について講演する。

標題：Nonlinear optical effects in noncentrosymmetric magnets
日時：2021 年 9 月 27 日(月)　午前 10 時～午後 0 時
場所：オンライン開催
講師：Takahiro Morimoto
所属：The University of Tokyo
要旨：

The responses of materials to high intensity light, i.e., nonlinear optical responses, constitute a vast field of physics and engineering. One of nonlinear optical responses that is attracting a recent attention is a bulk photovoltaic effect called shift current which arises from Berry phase of a Bloch wave function and has a close relationship to the modern theory of electric polarization [1]. In this talk, I will present a bulk photovoltaic effect supported by magnets nonlinear through the shift current mechanism [2]. In noncentrosymmetric magnets, magnons generally accompany electric polarization due to their multiferroic nature and couple to an external electric field. Constant excitation of such magnons causes an increase of electric polarization and results in dc photocurrent. I will demonstrate that a shift current appears in the cycloidal phase in J1-J2 spin chains with broken inversion symmetry.

[1] T. Morimoto, and N. Nagaosa, Sci. Adv. 2, e1501524 (2016).
[2] T. Morimoto, S. Kitamura, S. Okumura, Phys. Rev. B 104, 075139 (2021).
Chair: Yong Baek Kim

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

標題：高次高調波レーザー光電子分光法による Ta2NiSe5 の研究
日時：2021 年 9 月 30 日(木)　午後 12 時 15 分～午後 1 時 15 分
場所：オンライン開催
講師：鈴木 剛
所属：極限コヒーレント光科学研究センター　岡崎研究室
要旨：

近年、超短パルスレーザーと希ガスによる高次高調波発生技術の進歩により、軟 X 線に迫る波長域でフェムト秒領域のパルス光源を用いて角度分解光電子分光測定が行えるようになり、物質における光励起後の過渡的なバンド構造を捉えることができるようになってきた。我々は、東京大学物性研究所で高次高調波レーザー時間・角度分解光電子分光測定装置を立ち上げ、様々な量子物質における非平衡状態や超高速キャリアダイナミクス、光誘起相転移について観測することに成功してきた[1]。

本セミナーでは、その中でも進展の著しい Ta2NiSe5 の成果について発表する。Ta2NiSe5 は励起子絶縁体の有力な候補物質として最近注目を集めているが、我々のダイナミクス観測から、励起子絶縁体としての特徴的な振る舞いが明らかになり、さらに思いがけないことに、光誘起半金属相を発見するに至った[2]。そこで、観測された光誘起絶縁体金属転移の機構を、電子格子相互作用の観点から明らかにするために、我々は周波数領域角度分解光電子分光法(Frequency-domain ARPES(FDARPES))という解析手法を開発し、電子バンドと格子振動モードの選択的な結合を明らかにすることに成功した[3]。

[1] T. Suzuki, et al., J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. 251, 147105 (2021).
[2] K. Okazaki, et al., Nat. Commun. 9, 4322 (2018).
[3] T. Suzuki, et al., Phys. Rev. B 103, L121105 (2021).

標題：極低温における核磁気共鳴・電子スピン共鳴法を用いた磁性研究
日時：2021 年 10 月 6 日(水)　午後 4 時 30 分～午後 5 時 30 分
場所：オンライン開催
講師：藤井 裕
所属：福井大学遠赤外領域開発研究センター
要旨：

これまで行ってきた極低温・強磁場（パルス磁場ではない）での磁性研究から以下の話題について講演いたします。あわせて、福井大学遠赤外領域開発研究センターにおける強磁場利用についても簡単に触れる予定です。時間が許せば、ほかの低次元磁性体の話題も簡単に触れる予定です。

(1) 希釈冷凍機ミリ波 ESR/NMR 二重磁気共鳴測定：純良なシリコン結晶にリンをドープした試料(Si:P)は量子コンピュータの候補デバイスとして注目されている。ドナー電子の ESR 遷移による動的核偏極効果を用いた^31^P-NMR 信号検出を試みている。ミリ波の Fabry-Perot 共振器に NMR コイルとして meanderline と呼ばれる蛇型回路を組み込んだ二重磁気共鳴用共振器を開発し、^31^P-NMR 信号検出に成功した。

(2) 一次元反強磁性量子スピン鎖の NMR：有機ラジカル結晶 F_5_PNN (pentafluorophenyl-nitronyl-nitroxide) は S = 1/2 反強磁性結合交替鎖モデルであり、NMR 等から磁場中での朝永-ラッティンジャー液体状態が示唆されている[2-4]。我々は最近、重水素化した D-F_5_PNN 単結晶試料を用いた^19^F-NMR 測定を行っている。低温で緩和率が温度のべき 1/T_1_ ～ T^γ^に従う振る舞いが得られ、飽和磁場近傍で量子臨界点の振る舞い(γ = -0.5)が示唆される。

[1] Y. Ishikawa et al.: Appl. Magn. Reson. 52 (2021) 317 and references therein.
[2] M. Takahashi et al.: Mol. Cryst. Liq. Cryst. 306 (1997) 111.
[3] K. Izumi et al.: Physica B, 329-333 (2003) 1191.

[4] Y. Inagaki et al.: JPSJ 86 (2017) 113706.

標題：Sine-square deformation of one-dimensional critical systems
日時：2021 年 10 月 18 日(月)　午前 10 時～午後 0 時
場所：オンライン開催
講師：Hosho Katsura
所属：The University of Tokyo
要旨：

Sine-square deformation (SSD) is one example of smooth boundary conditions with significantly smaller finite-size effects than open boundary conditions. In one-dimensional chains with SSD, the interaction strength decreases from the center to the edges according to the sine-square function. Thus, the Hamiltonian describing such a system is inhomogeneous and lacks translational symmetry. Nevertheless, previous studies have revealed that the SSD leaves the ground state of a uniform chain with periodic boundary conditions (PBC) almost unchanged for critical systems. In particular, I showed in [1,2,3] that the correspondence is exact for critical XY and quantum Ising chains. The same correspondence between SSD and PBC holds for Dirac fermions in 1+1 dimension and more general conformal field theories. In this talk, I will review these results. If time permits, I will also talk about some recent developments.

[1] H. Katsura, J. Phys. A: Math. Theor. 44, 252001 (2011).
[2] H. Katsura, J. Phys. A: Math. Theor. 45, 115003 (2012).
[3] I. Maruyama, H. Katsura, T. Hikihara, Phys. Rev. B 84, 165132 (2011).
Chair: Eun Gook Moon

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

標題：コニカルらせん磁性が誘起する非相反スピン輸送と非線形光学応答
日時：2021 年 10 月 21 日(木)　午後 12 時 15 分～午後 1 時 15 分
場所：オンライン開催
講師：奥村 駿
所属：機能物性研究グループ 岡研究室
要旨：

周期的にねじれたスピン配置をもつらせん磁性は、右巻き・左巻きというカイラリティで特徴づけられる擬一次元的な磁気構造である。その特徴的な磁気構造に由来して様々な電磁気特性を示すことから、マルチフェロイクスやスピントロニクスの分野において盛んに研究が進められている。我々は、局在スピンと伝導電子が結合した金属磁性体を対象として、らせん磁性が示す種々の応答についての理論研究を行ってきた。

本セミナーでは、特に、らせん軸に平行な磁場を印加した際に現れるコニカルらせん磁性のスピン輸送や光学応答について紹介する。我々は、コニカルらせん磁性のカイラリティや磁化方向によって伝導電子スピンの流れる向きが変わるという非相反性を発見し、らせん磁性体がスピン流ダイオードとして応用されうることを理論的に提案した[1]。また、最近の研究では、コニカルらせん磁性が非常に大きな光起電力や高次高調波を示すことを明らかにし、外部磁場によってその符号も含めた制御が可能であることを見出した[2]。

[1] S. Okumura et al., Appl. Phys. Lett. 115, 012401 (2019).
[2] S. Okumura et al., preprint, arXiv:2108.00674.

標題：FeSe 系超伝導体におけるエキゾチック超伝導状態

日時：2021 年 10 月 29 日(金)　午前 11 時～午後 0 時

場所：オンライン開催

講師：芝内 孝禎

所属：東京大学新領域創成科学研究科

要旨：

多くの鉄系超伝導体では、電子系が回転対称性を破る電子ネマティック転移とストライプ型の反強磁性転移がほぼ同時に起こるが、FeSe では例外的に反強磁性を示さず電子ネマティック秩序のみ示す点で、ネマティシティと超伝導の関係を調べる上で鍵となる物質であると考えられている[1]。我々は、FeSe の Se サイトを等電荷の S や Te 一部置換した系の電子相図を調べ、興味深い結果を得ているので、ご紹介したい。S 置換系では 17%、Te 置換では 50%置換付近で、電子ネマティック転移が完全に消失し、両方の系でネマティック量子臨界点の存在を示唆する結果を得ている[2,3]。一方で、超伝導転移温度 Tc は S 置換では量子臨界点を超えると急激に減少するのに対して、Te 置換では量子臨界点付近でドーム構造を示す[3,4]。Te 置換系で見られた超伝導ドームは、電子ネマティックの量子揺らぎが超伝導対形成に関与していることを強く示唆する初めての実験結果である。超伝導ドームがみられない S 置換系では、量子臨界点を境に全く異なる新しい超伝導状態が実現している可能性を議論したい。

[1] レビューとして、T. Shibauchi, T. Hanaguri, and Y. Matsuda, J. Phys. Soc. Jpn. 89, 102002 (2020).

[2] S. Hosoi, K. Matsuura, K. Ishida, H. Wang, Y. Mizukami, T. Watashige, S. Kasahara, Y. Matsuda, and T. Shibauchi, Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 113, 8139-8143 (2016).

[3] K. Ishida, Y. Onishi, M. Tsujii, K. Mukasa, M. Qiu, M. Saito, Y. Sugimura, K. Matsuura, Y. Mizukami, K. Hashimoto, and T. Shibauchi, preprint.

[4] K. Mukasa, K. Matsuura, M. Qiu, M. Saito, Y. Sugimura, K. Ishida, M. Otani, Y. Onishi, Y. Mizukami, K. Hashimoto, J. Gouchi, R. Kumai, Y. Uwatoko, and T. Shibauchi, Nat. Commun. 12, 381 (2021).

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 〉

R3.9.1	小田 達郎	附属中性子科学研究施設	助教	京都大学複合原子力科学研究所附属安全原子力システム研究センター 助教より

〈 退 職 ・ 転 出 〉

R3.8.31	黒田 健太	附属極限コヒーレント光科学研究センター	助教	広島大学大学院先進理工系科学研究科准教授へ
R3.8.31	李 响	附属中性子科学研究施設	助教	北海道大学大学院先端生命科学研究院准教授へ
R3.10.31	池田 暁彦	附属国際超強磁場科学研究施設	助教	電気通信大学 テニュアトラック助教へ
R3.12.31	冨田 崇弘	量子物質研究グループ	特任助教	産業技術総合研究所 招聘研究員へ
R3.12.31	郷地 順	附属物質設計評価施設	助教	株式会社アイエスエイ 正社員へ

〈 任 期 満 了 〉

R3.8.10	Rietveld Ivo Boudewijn	附属中性子科学研究施設	特任教授	パリ第5大学(フランス) 准教授へ

【事 務 部】

発令日	氏 名	部門・施設名等	職 名	備 考

〈 退 職 ・ 転 出 〉

R3.7.1	村本 洋子	事務部(兼:予算・決算係)	上席係長(兼:予算・決算係長)	柏地区共通事務センター経理チーム上席係長へ
R3.8.11	三澤 毅	事務部	副事務長	令和3年8月11日逝去

〈 転 入 〉

R3.7.1	北見 篤	事務部(兼:予算・決算係)	上席係長(兼:予算・決算係長)	放送大学学園財務部経理課用度第二係長より

編　集　後　記

今号は 3 件の研究紹介、4 件の受賞報告に加えて、ISSP WOMEN'S WEEK 2021 開催報告や物性若手夏の学校開催報告なども掲載されています。ISSP WOMEN'S WEEK 2021 の主題であるダイバーシティ推進について、ワークショップに参加できなかった方もこの報告をお読み頂くことで、ワークショップでも紹介された(1)現状の問題点(2)必要な対策(3)各機関で行われている取り組みの 3 点について、少なからず情報を共有することができる記事になっているかと思います。また、掲載されている参考データ 1～3 も現状を把握するために非常に有用なものとなっているかと思います。物性若手夏の学校ですが、私も大学院生の時に参加し、他大学の物性分野の研究室に所属する大学院生と交流を持つきっかけとなった思い出があります。今回はコロナ禍によりオンラインで開催されたということで、例年のような大学院生同士の交流は難しかったのではないのかと思いましたが、どうやらそうでもなかったようです。一方で、オンライン開催の利点である「気軽さ」と現地開催で得られる「一体感」の両立が課題だとありました。コロナ禍も最近まではようやく終息が見通せたかと思っていましたが、新たな変異株によってもうしばらくは予断を許さない状況にあるようです。

岡　﨑　浩　三

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