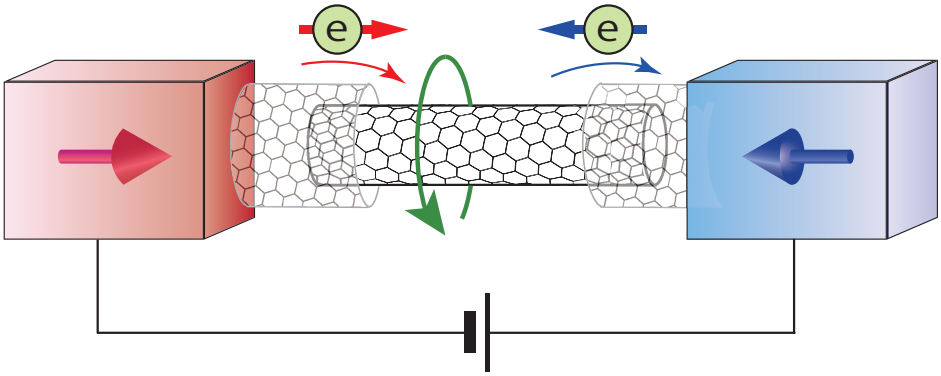
物性研だより

BUSSEIKEN DAYORI

第 62 巻
第 1 号
2022 年度

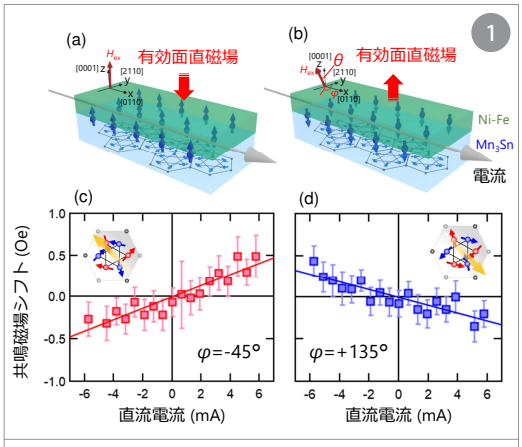
トポロジカル反強磁性体におけるスピン蓄積による面直有効磁場の発現
–垂直磁化膜の高効率な磁化反転へ–

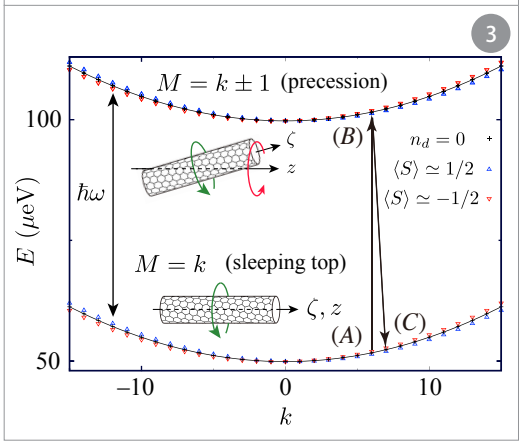
電子のスピンを駆動力とするナノモーターの提案



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 1 号
2022 年度





contents

1 トポロジカル反強磁性体におけるスピン蓄積による面直有効磁場の発現
ー垂直磁化膜の高効率な磁化反転へー 近藤 浩太、大谷 義近

3 電子のスピンを駆動力とするナノモーターの提案 加藤 岳生

5 第15 回分子科学討論会の分子科学会優秀講演賞を受賞して 西岡 海人

6 第15 回分子科学討論会の分子科学会優秀ポスター賞を受賞して 小野塚 洸太

7 2020 年度日本表面真空学会 会誌賞を受賞して 松田 巌

8 2021 年度日本表面真空学会 会誌賞を受賞して 吉信 淳

10 日本中性子科学会奨励賞を受賞して 眞弓 皓一

12 「分子シミュレーション学会学術賞を受賞」 樋口 祐次

13 第 3 回強磁場フォーラムフロンティア奨励賞を受賞して 三宅 厚志

16 物性科学領域横断研究最優秀若手奨励賞を受賞して 出倉 駿

【物性研究所短期研究会】
18 ○分子性固体研究の拡がり：新物質と新現象
25 【物性研究所セミナー】
【物性研ニュース】
32 ○東京大学物性研究所人事異動一覧
34 ○東京大学物性研究所特任研究員公募について
36 ○東京大学物性研究所教員公募について
38 ○東京大学物性研究所教員公募 (女性限定) について
40 ○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

トポロジカル反強磁性体におけるスピン蓄積による面直有効磁場の発現

－垂直磁化膜の高効率な磁化反転へ－

理化学研究所量子ナノ磁性研究チーム　近藤 浩太
東京大学物性研究所　大谷 義近

はじめに

スピン軌道相互作用の強い常磁性重金属に電流を印加すると、スピンホール効果によって電流と直交方向にスピン流が生成します。そのため、常磁性重金属と強磁性金属を接合させた二層膜に界面に沿って電流を流すと、常磁性重金属のスピンホール効果によって界面にスピンが蓄積し、隣接する磁性体には、トルク（回転力）が作用します。このトルクはスピントルクと呼ばれ、磁化方向を制御性良く反転できることから、スピントロニクスデバイスの駆動原理として重要な現象の一つとなっています。

これまでの研究では、白金などのスピン軌道相互作用の強い遷移金属におけるスピンホール効果や、トポロジカル絶縁体のスピン分裂した表面状態を利用した“エデルシュタイン効果”による電流誘起の磁化制御が実証されてきました。そして、現在も、より省電力な磁化制御を実現するため、高効率な電流–スピン変換現象の探索・検証実験が続けられています。

一方、このような従来のスピンホール効果やエデルシュタイン効果では、対称性の観点から界面に蓄積するスピンの向き（スピン偏極方向）が、膜面内に固定されています。このため、不揮発性磁気メモリなどの応用上重要な垂直磁気異方性を有する薄膜（垂直磁化膜）における磁化反転には最適ではないことも知られていました。そこで、我々はこれらの問題を解決すべく、近年発見されたトポロジカル反強磁性体における磁気スピンホール効果に着目しました。我々は最近、このトポロジカル反強磁性体では、新奇なスピンホール効果である磁気スピンホール効果が発現することを明らかにしました[1]。この材料における、磁気スピンホール効果は、トポロジカル反強磁性体の微小磁化の方向（磁気八極子の向き）を変えることで、表面に蓄積するスピンの偏極方向を制御できます。さらに、時間反転対称性の破れに起因した面直方向に偏極したスピンの蓄積が理論的に予測されています（図 1[1]）。そこで、本研究では、この新たなスピンホール効果に由来するスピン蓄積が、隣接する強磁性体にどのようなスピントルクを与えるのかを実験的に明らかにすることを目的に研究を行いました。

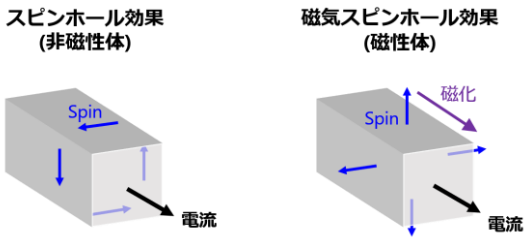


図 1| スピンホール効果と磁気スピンホール効果

1．研究方法および結果[2]

本研究では、トポロジカル反強磁性体 Mn_3Sn（Mn：マンガン、Sn：スズ）単結晶を、集束イオンビームを用いてマイクロメートルサイズの薄体に加工し、その上に強磁性体 NiFe 合金（Ni：ニッケル、Fe：鉄）を成膜した素子を作製しました（図 2）。このトポロジカル反強磁性体を特徴づける磁気八極子の向きは小さな外部磁場を用いて回転できるため、外部磁場の印加方向に対応して変化するスピンの偏極方向を詳細に調べることができます。

この素子の界面に沿って電流を流すと、磁気スピンホール効果によって Mn_3Sn 表面にスピンが蓄積し、隣接する強磁性体の磁化にトルクが作用します。このトルクの大きさは、スピントルク強磁性共鳴法により測定することができ

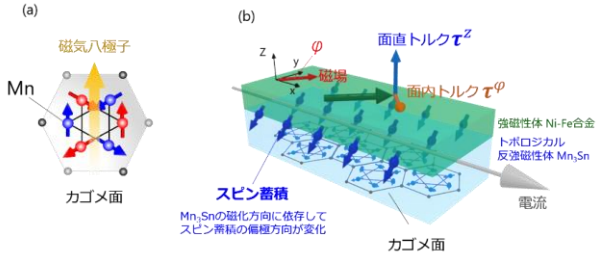


図 2| トポロジカル反強磁性体 Mn_3Sn における電流によるスピン蓄積(a) Mn_3Sn における磁気八極子　小さな磁場で磁化方向の制御が可能[3]　(b)Mn_3Sn 単結晶/NiFe 二層デバイス Mn_3Sn に流れる電流によるスピン蓄積が強磁性体(NiFe)に与えるトルクを計測

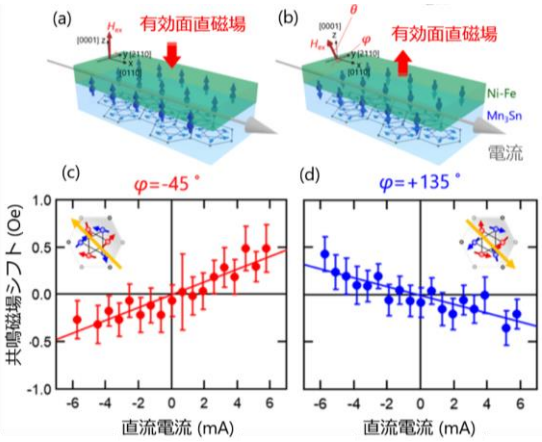


図 3| Mn_3Sn の磁化方向に依存したスピン蓄積と有効面直磁場 (a, b) 面内磁場角度−45 度と+135 度におけるスピン蓄積の面直成分 (c, d) 直流電流よる有効磁場の検出。磁気八極子の向きが反転することで、有効磁場が反転する。

ます。そこで、まず、面直方向に偏極したスピンの有無を調べるため、Mn_3Sn の磁気八極子の向きが異なる条件で、スピントルク強磁性共鳴実験を行いました。その結果、Mn_3Sn に直流電流を流すと、面直方向に発現する有効磁場により、強磁性層にフィールドライク(Field-like: FL)トルクが作用することが分かりました(図 3)。さらに、磁気八極子の向きを反転させると、その有効磁場が反転することも明らかにしました(図 3(c)(d))。以上の実験結果は、界面に蓄積したスピンが、隣接する強磁性体に対して磁場のように作用し、さらに Mn_3Sn の磁化反転によって、蓄積するスピンの面直成分が反転したことを示しています。

また、スピントルク強磁性共鳴スペクトルの面内磁場角度依存性と理論モデルを比較したところ、面直スピンによる FL トルクと同程度の大きさで、面内に偏極したスピン(面内スピン)によるスピントランスファー(Spin transfer: ST)トルクも共存していることが分かりました。これらの結果から、Mn_3Sn の磁気八極子の向きをカゴメ面内で回転させると、表面に蓄積するスピンの偏極方向が、面直上向きから下向きへと変化していることが明らかになりました(図 4)。さらに興味深いことに、これらのトルクは従来の白金などの遷移金属を用いた場合よりも数倍以上大きくなります。

2．まとめと将来展望

本研究では、近年発見された磁気スピンホール効果に由来するスピントルクを詳細に計測しました。その結果、面直成分を有するスピン蓄積が生成し、大きな有効磁場として隣接する強磁性層に作用することを実験的に明らかにしました。これらの研究成果は、トポロジカル反強磁性体をスピン源として用いることで、応用上重要な垂直磁気異方性を有する強磁性体の高効率な磁化反転の実現や、従来よりも高速でかつ省電力スピントロニクスデバイスの実現に向けた研究が発展することが期待されます。

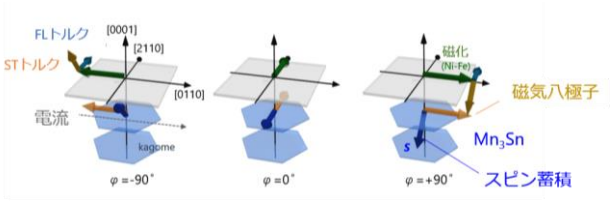


図 4| 磁気八極子の角度に応じたスピン蓄積方向とそれによるスピントルクの変化

今回の試料では、面内方向の外部磁場によって Mn_3Sn と強磁性体(Ni-Fe：面内磁化膜)の磁化がともに反転するため、スピントランスファートルク(ST トルク)とフィールドライクトルク(FL トルク)による面内トルクが相殺されている。独立に磁化制御することができれば、より効率的な面内トルクが働くことが予想される。また、垂直磁化膜の場合には、面直方向のトルクが相殺されないことから、効率的にトルクが与えられ、より高速な磁化反転が期待される。

謝辞

本研究成果は、東京大学 大学院理学系研究科物理学専攻: 中辻 知 教授、肥後 友也 特任准教授、東京大学 物性研究所 冨田 崇弘 特任助教、Muhammad Ikhlas 氏、Hua Chen コロラド大学 Assistant Professor、Allan H. MacDonald テキサス大学オースティン校 教授との共同研究によるものです。本研究は、科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 CREST (JPMJCR18T3) 未来社会創造事業 (JPMJMI20A1)、文部科学省科学研究費助成事業 (19H05629, 19H02586, 19H00650)の一環として行われました。

[1] M. Kimata *et al.*, Nature **565**, 627 (2019).

[2] K. Kondou, H. Chen, T. Tomita, M. Ikhlas, T. Higo, A. H. MacDonald, S. Nakatsuji, and Y. Otani, Nat Commun **12**, 6491 (2021).

[3] S. Nakatsuji, N. Kiyohara, and T. Higo, Nature **527**, 212 (2015).

電子のスピンを駆動力とするナノモーターの提案

物性理論研究部門　　加藤 岳生

電子のスピンの正体が角運動量であることをいち早く認識したのは、かの有名なアルバート・アインシュタインである。アインシュタインが関わった生涯唯一の実験成果である、アインシュタイン-ド・ハースの論文 [1]よって、電子スピンが物体の角運動量に変換できることが実験的に示された。このようなスピンと力学的な回転運動の変換現象は、一般に磁気回転効果と呼ばれる。最近になって、スピントロニクス分野の研究の進展により、新しい観点から磁気回転効果が見直され、さまざまな研究が行われているところである [2]。

本研究 [3] では、電子の持つスピン(磁性)をうまく使うことで、ナノスケールの物体を効率よく回転させることができるのではないか、という着想に基づき、磁気回転効果による回転運動への変換を電流によって連続的に行う構造を考察した。具体的には図 1(a) に示すようなカーボンナノチューブと強磁性金属を電極とする構造を用いて、電子スピンを駆動力とするナノモーターの提案を行い、その回転駆動機構について理論の構築を行った。例えば、二層カーボンナノチューブと呼ばれる単層カーボンナノチューブの入れ子構造においては、内側と外側のナノチューブはファンデルワールス力によって弱く結合しているので、層間の距離は保ったまま内側のナノチューブだけを容易に動かすことができる。これは、内側のナノチューブを外側のナノチューブを軸受けとした回転子と見なせる。この二層カーボンナノチューブの機械運動の評価は実験 [4]、理論 [5] の両面から研究が行われている。この系と前述の磁気回転効果を組み合わせることで、内側のカーボンナノチューブを回転駆動させよう、というわけである。

図 1(a) に磁化方向の異なる 2 つの強磁性電極とそれらに挟まれた回転子からなるハイブリッド構造を示す。この構造に対して、電極間に電圧を印加すると、一方の電極から偏極した電子スピンがナノ回転子(ナノチューブ)に注入される(図 1(b-1)→(b-2))。注入された電子は回転子内における磁気回転相互作用により、そのスピンの向きを反転させるとともに回転子に角運動量を受け渡す(図 1(b-3))。スピンの向きが反転した電子はその偏極と同じ方向に偏極したもう一方の電極へと抜ける(図 1(b-4)→(b-1))。この

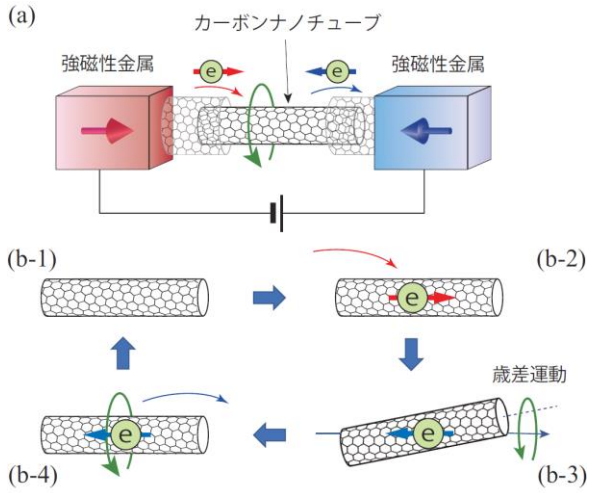


図1 本研究で提案するスピン注入により回転駆動するナノモーターの概略図。(a) カーボンナノチューブと強磁性電極からなる系。(b) スピン反転によって回転が生じるプロセス。

過程を繰り返す事で、回転子は角運動量を注入電子スピンより獲得し、回転運動が誘起されることになる。

ここでのナノ回転子が駆動機構は一見自明のことのように見えるが、ナノ回転子を剛体とみなしてそこに量子力学を適用すると、電子スピンから回転子への角運動量移行が行われるときに図 1(b-3) に示すような回転子の歳差運動を必ず引き起こしてしまうことがわかる。回転子をスムーズに回転させるには、この歳差運動を抑制し、回転軸が回転子の軸と一致した状態(眠りコマ状態、図 1(b-4)) へとスムーズに緩和しなくてはいけない。そこで歳差運動から眠りコマ回転運動への緩和を引き起こすフォノン熱浴を考え、その緩和と回転速度との関係を詳しく考察した。

回転子を剛体と見なして量子化すると、3 つの量子数 (L, M, k) で指定されるような固有状態が生成される。L は角運動量の大きさに対応した量子数であり、M は角運動の z 成分、k は回転子の軸の周りの角運動量である。$M = k$ のとき、回転子の軸が固定された眠りコマ状態になっている(図 2 の挿入図の下図)。一方、$M \neq k$ のとき、回転子の歳差運動が誘起される(図 2 の挿入図の上図)。回転子を量子力学的に取り扱い、磁気回転結合を丹念に取り扱うと、電子スピンの反転によって生じる回転子の状態

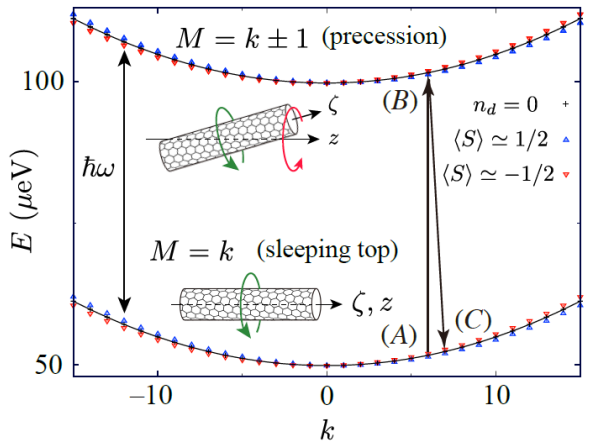


図2 回転子のエネルギー固有状態を量子数kの関数としてプロットした図。上のブランチは歳差運動状態($M = k \pm 1$, 挿入図の下図)を、下のブランチは眠りコマ状態($M = k \pm 1$, 挿入図の下図)をそれぞれ表す。

は、図2 の(A) から(B) へと遷移する。このとき、量子数 k は変化せずに M のみが変化する。k は軸回りの回転速度に比例しているので、回転速度を増やすためには、(B) から(C) へと k を変化させるような緩和過程が必要となる。熱浴との結合をうまく制御すると、この緩和過程をスムーズに生じさせることができ、回転子の回転を駆動させることができることを数値計算によって明らかにした。

本研究で明らかにした駆動機構は、カーボンナノチューブに限らず、小さな物体を回転駆動させる技術に広く応用できると期待される。マイクロスケールの部品を機械的に動かす機構として「押す」「引く」などの力を利用することは広く行われてきたが、モーターのような回転機構を小さな部品として作成するのは未だに難しい課題となっている。本研究で注目した「強磁性体電極と電子のスピンを用いて駆動させる」という技術戦略は、こうした微小機械の回転駆動に関する新技術へとつながることが期待される。

謝辞　本研究は、泉田渉氏(東北大学大学院理学研究科)、奥山倫氏(明治大学理工学部)、佐藤健太郎氏(仙台高等専門学校総合工学科)、松尾衛氏(中国科学院大学カブリ理論科学研究所)との共同研究により行われました。また、文部科学省科学・研究費補助金（課題番号 16H01046,18H04282, 19K14637, 20K03831, 20H01863,20K05258, 21K03414）および中国科学院優先プログラム(課題番号 XDB28000000)の支援のもと遂行されました。ここに感謝申し上げます。

参考文献

[1] A. Einstein and W. J. de Haas, KNAW proc. **18I**, 696 (1915).

[2] 松尾衛著「スピン流はめぐる」数理物理 2019 年 1 月号; http://mmatsuo.com/wpcontent/uploads/2019/04/matsuo180910 submitted.pdf

[3] W. Izumida, R. Okuyama, K. Sato, T. Kato, and M. Matsuo, Phys. Rev. Lett. **128**, 017701 (2022).

[4] A. M. Fennimore, T. D. Yuzvinsky, W.-Q. Han, M. S. Fuhrer, J. Cumings, and A. Zettl, Nature **424**, 408 (2003).

[5] S. W. D. Bailey, I. Amanatidis, and C. J. Lambert, Phys. Rev. Lett. **100**, 256802 (2008).

第 15 回分子科学討論会の分子科学会優秀講演賞を受賞して

東京大学物性研究所 森研究室 修士課程 2 年　　西岡 海人

この度、2021 年 9 月にオンラインで開催された第 15 回分子科学討論会において「1,2,3-トリアゾールーリン酸塩単結晶における等方的無水超プロトン伝導」という題目で口頭発表を行い、優秀講演賞を受賞する栄誉に恵まれました。以下、研究内容に関しまして簡単にご紹介させていただきます。

水素社会の実現に必要不可欠な燃料電池は、現在多くの企業や研究機関で研究対象となっています。その性能を大きく左右する物の一つが、内部で水素イオン（H+: プロトン）を伝導する電解質として用いられるプロトン伝導体です。現在最も普及しているプロトン伝導体は、Nafion に代表されるような、加湿によって水分子をプロトン輸送体として内部に取り込んだ含水系の高分子です。しかし、このような含水系高分子は高いプロトン伝導性を示す一方で、外から絶えず加湿しなければならないばかりでなく、水が蒸発する温度より高温では実用できなくなる、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ある、といった問題点がありました。このような背景から我々は水を利用しない無水系の物質で高伝導性を示す物質を見出すこと、そして単結晶試料を対象とした測定に基づいた伝導機構の詳細な解明、さらにその知見を利用した高伝導性材料の設計指針の確立を志向し、酸と塩基の分子からなる水を含まない塩の単結晶に着目した研究を行なってきました[1]。これまでの研究で、無水プロトン伝導性の獲得には水素結合ネットワークの形成、酸と塩基の酸性度（＝プロトンの手放しやすさ）が近いこと、そして結晶中の分子の運動性が重要であることがわかっていました。しかしながら分子が密に規則配列した結晶中で分子の活発な運動を引き起こすことは困難でした[2]。

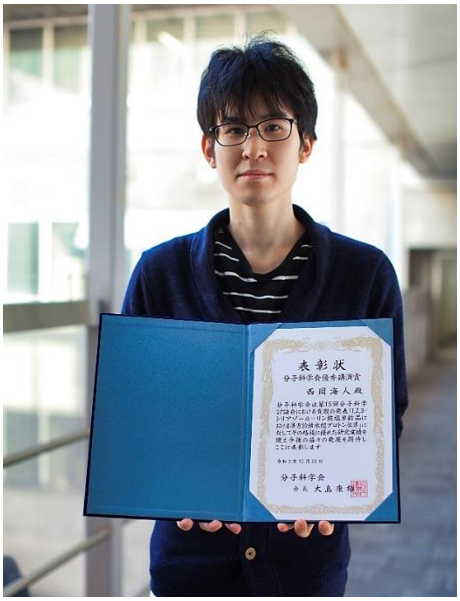
そこで本研究では、1,2,3-トリアゾールという分子が、分子中のプロトン位置が異なる状態間を高速に相互変換できる”プロトン互変異性”を示し、これによって大きな分子運動をせずともプロトンが伝導できる可能性に着目しました。1,2,3-トリアゾールと酸性度が非常に近いリン酸からなる塩の単結晶を新規に合成したところ、結晶中ではリン酸が 2 次元層状に並んでおり、その層間を 1,2,3-トリアゾール分子が水素結合で繋いだ異方的な分子配列をしていました。にもかかわらず、単結晶の 3 軸方向に対して測定したプロトン伝導度は等方的であり、その全方向に対して液体のように超高速でプロトンを伝導する超プロトン伝導性を示すことを明らかにしました。また、固体 NMR 分光法を用いた分子運動の測定から、期待した通りプロトン互変異性によって伝導していることが示唆されました。本研究を通して、高伝導性獲得において、プロトン互変異性を活用することが非常に有用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。

本講演を行うにあたり、森初果教授、藤野智子助教、出倉駿特任助教に多くのご指導をいただき、また、金沢大学の水野元博教授をはじめとする多くの方々にお世話になりました。この場をお借りして深く感謝を申し上げます。

参考文献

[1] Y. Sunairi, S. Dekura, A. Ueda, T. Ida, M. Mizuno, H. Mori*, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **89**, 051008 (2020).

[2] Y. Hori*, S. Dekura*, Y. Sunairi, T. Ida, M. Mizuno, H. Mori, Y. Shigeta, *J. Phys. Chem. Lett.*, **12**, 5390–5394 (2021).



第 15 回分子科学討論会の分子科学会優秀ポスター賞を受賞して

東京大学物性研究所 森研究室 博士後期課程 2 年　　小野塚 洸太

この度、2021 年 9 月にオンラインで開催された第 15 回分子科学討論会において、「エチレンジチオチオフェンオリゴマーの鎖長伸長と電荷移動錯体形成」という題目でポスター発表を行い、優秀ポスター賞を受賞する栄誉に恵まれました。この場をお借りして、研究内容について簡単にご紹介します。

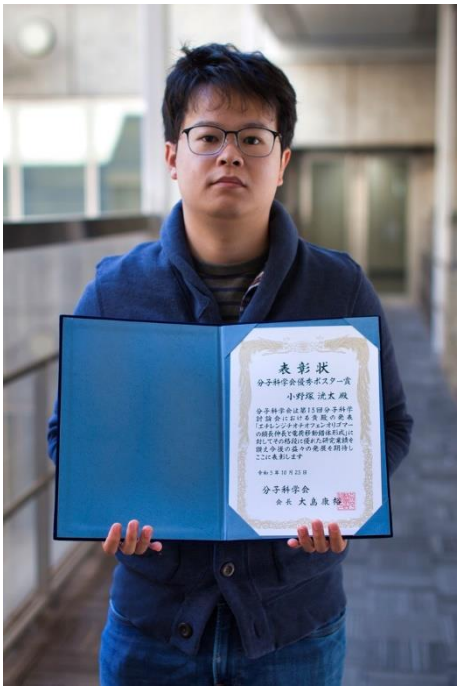
有機伝導体は、軽量、柔軟、溶液加工性の高さから、近年注目されている電子材料です。しかし、広く普及している有機伝導体は高分子であるため、固体中での構造情報が乏しく、伝導機構の解明及び、これに基づいた精密な材料設計が困難でした。最近、こうした問題を解決するために、鎖長や配列を精密に設計・合成できるオリゴマー型伝導体が注目を集め始めています。森研究室ではこれまでに、導電性高分子の代表例であるドープ型 PEDOT（ポリ（3,4-エチレンジオキシチオフェン））のオリゴマーモデル単結晶を開発し、構造と伝導性との関係を明らかにしてきました。[1,2] そのなかで、鎖長を伸長し、分子内での電子反発を軽減させることで導電性を向上できることがわかってきました。しかし、溶解性の乏しさや酸化への不安定性から、長鎖オリゴマーの合成には至っていませんでした。そこでオリゴマーの特徴である構造自由度の高さに着目し、複数の単位構造を組み合わせた配列からなる新規長鎖オリゴマーを開発しました。その結果、新規オリゴマーは従前の EDOT オリゴマー塩と比較し伝導度が 6 桁も向上することを見出しました。また、単結晶構造解析と理論計算、伝導性評価を通じて高伝導性発現の機構までも明らかにしました。これらの研究成果は、単結晶性オリゴマー材料が、豊富な分子設計自由度に基づいた多彩な電子物性を発現できることを意味しております。今後さらなる伝導体ライブラリの作製・評価を行うことで、高伝導性・高機能性電子材料開発のための設計指針の確立につながるものと期待しております。

私は、博士課程から物性研究所に所属し研究を行なっています。今回の受賞は、分子性導体の奥深さを教えてくださった森教授を始め、サンプル合成から物性測定まで多くの指導をしてくださっております藤野助教、出倉助教、ともに研究に取り組んでいる学生の皆様のおかげであると考えております。また、物性研究を行うにあたり、充実した研究設備、物性研究に精通した先生方と議論させていただける環境のありがたさを日々痛感しております。今回の受賞を励みにより一層研究活動に取り組んでいきたいと考えております。

参考文献

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

[4] R. Kameyama, T. Fujino*, S. Dekura, H. Mori* *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2022**, Accepted. https://doi.org/10.1039/D2CP00250G



2020 年度日本表面真空学会 会誌賞を受賞して

LASOR・軌道放射物性研究施設　　松田　巌

2020 年度になりますが、おかげさまで日本表面真空学会会誌賞を小澤健一先生（東工大助教、現 高エネルギー加速器研究機構(KEK)物質構造科学研究所(IMSS)准教授）、山本達先生（東北大学准教授、元 物性研助教）、そして間瀬一彦先生（KEK IMSS 准教授、現 教授）と共に受賞しました。授賞式および小澤健一先生が代表して行った受賞講演は日本表面真空学会・学術講演会の期間中、2020 年 11 月 20 日にオンラインで行われました。対象となった論文は以下の英文総説で、オープンアクセスのためどなたでもご覧になれます。

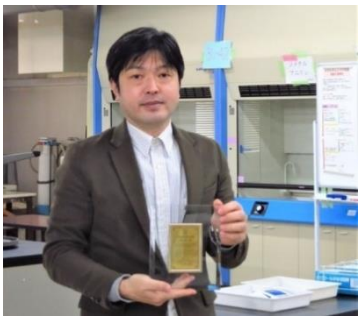
Kenichi Ozawa, Susumu Yamamoto, Kazuhiko Mase, Iwao Matsuda, " A Surface Science Approach to Unveiling the TiO_2 Photocatalytic Mechanism: Correlation between Photocatalytic Activity and Carrier Lifetime", e-Journal of Surface Science and Nanotechnology Vol.17, 130-147 (2019).
DOI: https://doi.org/10.1380/ejssnt.2019.130

日本表面真空学会が発行する e-Journal of Surface Science and Nanotechnology 誌は研究者の成果をいち早く国際的に発信するために、1 万円の掲載料でオープンアクセスの論文発表ができます。多数の論文の中から、このたびの受賞となったのは大変ありがたいことでした。

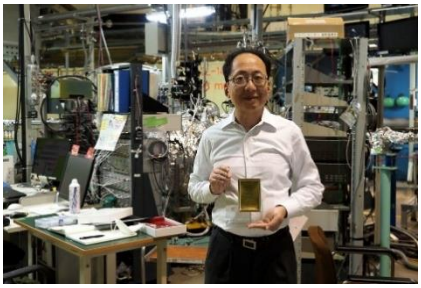
我々は光触媒として知られる二酸化チタン(TiO_2)における光反応メカニズムを明らかにするために、これまで KEK IMSS の放射光施設 Photon Factory BL-13 の表面化学研究用真空紫外軟X線分光ステーションと東京大学物質科学アウトステーションビームライン SPring-8 BL07LSU の時間分解軟 X 線分光ステーションにて実験を行ってきました。そして、表面科学の新たな研究アプローチとしてレーザーと放射光を組み合わせた時間分解光電子分光法を立ち上げ、様々な TiO_2 結晶表面における光励起キャリアのダイナミクスと実際の光触媒反応時間との相関を直接明らかにしてきました。本総説ではこれらの研究をまとめ、さらに触媒活性を決定付ける因子などを議論しています。学会では、本論文が最先端の実験技術を含めた内容で、かつ丁寧な説明がされており、読者および学会会員の啓蒙において非常に優れたものと評価されました。

これらの研究で培われた先端実験技術やデータを解釈するための理論モデルなどは、Photon Factory や SPring-8 だけでなく、X 線自由電子レーザーSACLA での実験や次世代放射光施設の実験ステーション立ち上げでも活用されています。今後も表面・界面におけるダイナミクス研究に精進したいと思います。

最後になりましたが、受賞にあたり、松田巌研究室のメンバー、物性研スタッフ及び共同研究者の皆様に、本誌面をお借りして厚く御礼申し上げます。



小澤健一先生



間瀬一彦先生（Photon Factory BL-13 にて）

山本達先生と筆者（SPring-8 BL07LSU にて）

2021 年度日本表面真空学会 会誌賞を受賞して

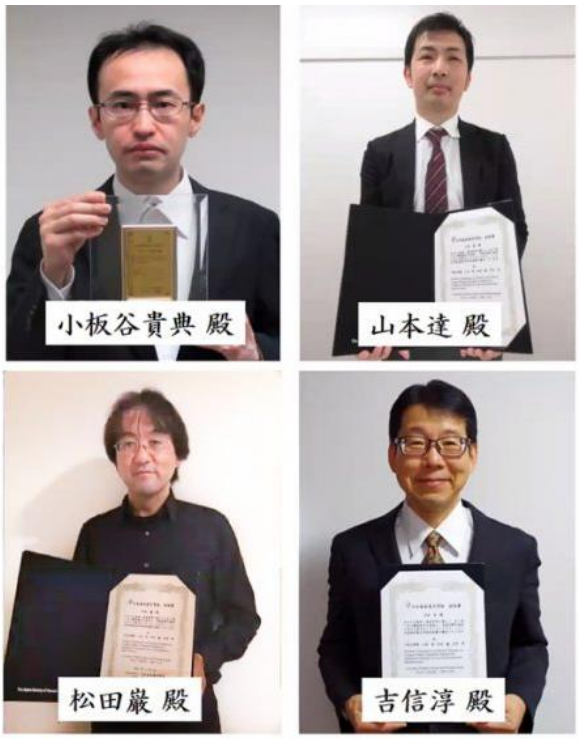
機能物性研究グループ　　吉信　淳

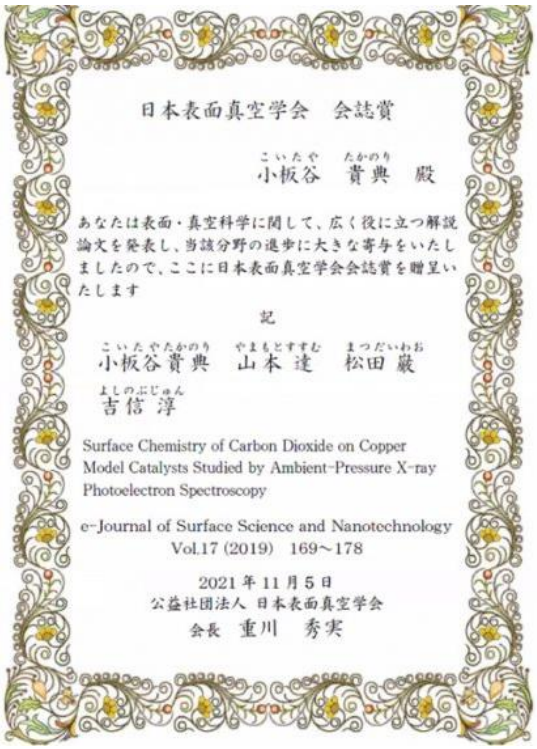
このたび、分子科学研究所の小板谷貴典 助教(元物性研・特任研究員)、東北大学の山本達 准教授(元物性研・助教)、物性研究所の松田巌 教授との共著による英文総説に対して、2021 年度日本表面真空学会・会誌賞を受賞いたしました。会誌賞は、日本表面真空学会の会誌または当学会発行の e-Journal of Surface Science and Nanotechnology に前年度(1 月～12 月) を含む過去 2 年間に掲載された原著論文以外の記事が、会員の啓蒙に特に大きく貢献したと認められる個人に授与されるものです。授賞式および受賞講演は日本表面真空学会・学術講演会の期間中の 11 月 5 日にオンラインで行われました(写真)。第一著者の小板谷さんが代表して受賞講演を行いました。今回、受賞対象となった総説論文は "Surface Chemistry of Carbon Dioxide on Copper Model Catalysts Studied by Ambient-Pressure X-ray Photoelectron Spectroscopy" で[*e-J. Surf. Sci. Nanotech.* Vol. **17** (2019) pp169-178; https://doi.org/10.1380/ejssnt.2019.169] であり、オープンアクセスとなっております。詳しい内容については、この論文をダウンロードし目を通していただければ、幸いです。

本論文は、最先端の放射光オペランド測定技術の一つである Ambient Pressure XPS(雰囲気光電子分光：AP-XPS)について、我々のグループによる装置開発と研究成果の一部をまとめたものです。2012 年度に JTS の「低エネルギー、低環境負荷で持続可能なものづくりのための先導的な物質変換技術の創出」(ACT-C)の枠組みで筑波大学・中村潤児教授が提案された「二酸化炭素活性化機構の学理に基づくメタノール室温合成触媒の創成」のプロジェクトに、我々のグループを加えていただきました。このプロジェクトで物性研グループは「ナノ構造制御した金属触媒による CO_2 の活性化とメタノール合成」という研究課題を推進し、SPring-8 BL07LSU に AP-XPS システムを構築することになりました。当時松田巌研究室の助教だった山本さんと私は米国カリフォルニア州バークレーの Advanced Light Source (ALS) とスタンフォードの Stanford Synchrotron Radiation Lightsource (SSRL)、インジアナ州ノートルダム大学の Tao 研究室に稼働中の AP-XPS システムの見学と情報収集に行きました。それにより得た最新の知見を元に SPring-8 BL07LSU に設置する AP-XPS システムの仕様を策定しました。2013 年春に AP-XPS の落札業者が決定し、AP-XPS 装置や架台の設計に取り掛かりました。当時の円安政策により輸入価格が大幅に値上がりし、ACT-C 予算だけではシステム全体を賄えなくなり、物性研の所長裁量経費からもご支援をいただきました。AP-XPS 装置は 2014 年 3 月に無事納入され、山本さんと ACT-C プロジェクト特任研究員の小板谷さんが中心となり、松田巌研と吉信研の大学院生やスタッフも参加して、装置の立ち上げを行いました。そして 2014 年度のビームタイムから本装置の稼働が始まりました。かなり複雑で大型の装置で、一筋縄ではいかないシステムですが、関係者の努力により現在でも最先端のオペランド光電子分光装置として稼働しております。

聞くところによりますと、本総説論文は高度な実験および研究の内容についてわかりやすく記述されており、特に表面化学分野の重要課題である触媒作用の評価について技術的な側面から丁寧に説明されており、読者および学会会員の啓蒙において優れていることが、受賞の理由として挙げられています。さらに、本実験技術は他の不均一触媒にも適用できる可能性が高く、今後の発展が期待される点から、本解説論文の質は高い水準にあり、日本表面真空学会の会誌賞にふさわしいと判断された、とのことです。

小板谷さんは、その後、東大大学院総合文化・助教を経て、現在分子研・助教ですが、いまでもヘビーユーザーの立場で本装置の保守や改良に取り組んでくれています。山本さんは東北大学青葉山新キャンパスに建設中の次世代放射光施設を推進する中心人物の一人として活躍中です。本システムの SPring-8 BL07LSU における稼働は 2022 年度 A 期までですが、その後は東北・次世代放射光施設に AP-XPS システムを移動し、軟X線オペランド分光専用のビームラインにて産官学のユーザーに利用していただくことになっています。このシステムに新機能を付加して高度化する秘策を、松田巌所員が練っているところです。





日本表面真空学会　会誌賞

小板谷（こいたや）　貴典（たかのり）　殿

あなたは表面・真空科学に関して、広く役に立つ解説論文を発表し、当該分野の進歩に大きな寄与をいたしましたので、ここに日本表面真空学会会誌賞を贈呈いたします

記

小板谷貴典（こいたやたかのり）　山本達（やまもとすすむ）　松田巌（まつだいわお）
吉信淳（よしのぶじゅん）

Surface Chemistry of Carbon Dioxide on Copper Model Catalysts Studied by Ambient-Pressure X-ray Photoelectron Spectroscopy

e-Journal of Surface Science and Nanotechnology
Vol.17 (2019)　169～178

2021年11月5日
公益社団法人 日本表面真空学会
会長　重川　秀実

図　日本表面真空学会・学術講演会会期中の2021年11月5日にオンラインで行われた授賞式の写真と会誌賞の賞状

日本中性子科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、日本中性子科学会奨励賞を 2021 年 12 月に受賞致しました。授与式は 2021 年 12 月 1 日に日本中性子科学会年会にて、オンラインで行われました。本受賞は文献[1]-[5]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、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 和士先生らとの共同研究です。この場をお借りして深く感謝申し上げます。

受賞対象の研究は「中性子散乱法を用いたポリロタキサンの分子構造・ダイナミクス解析」です。私たちは、線状高分子が複数の環状分子を貫いたネックレス状の超分子複合体であるポリロタキサンの分子構造およびダイナミクスについて、中性子小角散乱法および中性子準弾性散乱法を用いて明らかにしてきました。この研究は、東京大学工学部物理工学会の 4 年生として伊藤耕三先生の研究室で行った卒業研究までさかのぼります。私の卒業論文のテーマは、ポリロタキサンの環状分子間を連結することで得られる環動ゲルにナノ微粒子を導入し、ナノ微粒子の拡散挙動から環動架橋点の運動性を調べる研究でした。環動架橋点のスライド運動によってナノ微粒子の拡散が促進されることを示唆する結果を得ることができましたが、環状分子がひも状の分子の上をスルスルと滑っている様子を直接見てみたいという気持ちが高まりました。修士課程に進学したタイミングで、伊藤研究室と柴山研究室で進めていたポリロタキサンの中性子散乱研究の担当者を決めるという話になり、伊藤研からは私が参加することになりました。当時柴山研助教だった遠藤先生(現 KEK) とご相談している中で、中性子スピンエコー法を用いれば、ナノスケールの環状分子のスライド運動を直接捉えられるのではないかという話になり、期待に胸が膨らみました。JRR-3 に設置されている iNSE にて、遠藤仁先生の指導の元、中性子スピンエコー測定を実施しました。M1 の冬にはアメリカ NIST にて、長尾道弘先生にお世話になって、海外での中性子スピンエコー実験を初めて経験しました。海外で色々な方とお話する機会に恵まれたことも、博士進学を決意する大きなきっかけとなりました。

修士課程・博士課程の間、環状分子がひも上をスライドする運動を中性子スピンエコー法で捉えようと思って、色々と実験はしたのですが、結局思ったような結果は得られませんでした。今から考えると、当時の合成法で作っていたポリロタキサンでは、環状分子がひも上に多数充填されていたため、スライド運動が遅すぎて、中性子スピンエコー法で測定可能な時間領域から外れていたのだろうと分かるのですが、当時は新しいポリロタキサンを合成しては国内外の中性子スピンエコー装置で測定するということを繰り返していました。誰も計測したことのない現象を捉えることの難しさを痛感しました。学位を取得した後は、大震災のため JRR-3 が停止してしまい、国内での中性子スピンエコー測定は実施が難しい状況にありましたが、J-PARC MLF の BL02 で行った中性子準弾性散乱測定から、ポリロタキサンの環状分子の拡散運動を捉えることに成功しました。また、名古屋大学の岡崎進先生(現東大)、藤本和士先生との共同研究で、ポリロタキサンの全原子分子動力学シミュレーションを実施し、中性子準弾性散乱で実測した環状分子・ひも状分子のダイナミクスがシミュレーション結果とよく整合することを確認しました。シミュレーションではありますが、実際に環状分子がひも上を滑っている様子を目で見ることが出来ました。よくよく観察すると、環状分子は確かにひも上をスライドはしているものの、その動きは環状分子自身の拡散運動に比べて遅いことが分かりました。ポリロタキサンにおける環状分子の拡散運動・スライド運動を定量的に調べた研究は初めてということもあり、本研究は JACS 誌の表紙に採用いただきました [2]。

ポリロタキサンのスライド運動を直接観察しようと研究を始めて、約 15 年の月日が経過していますが、まだこの研究は完成していません。ここ数年でポリロタキサンの合成技術も格段に進化し、今ではひも上の環状分子の数を 1 個単位で制御することもできるようになりました。MD シミュレーションでスライド運動の速度を予め調べることで、中性子スピンエコー測定に適したポリロタキサンを設計し、実験に用いることも可能になりました。iNSE につきましては、長い震災停止期間を経て、再稼働に向けて着々と準

備を進めております。中性子スピンエコーでカバーできるナノ秒・ナノメートルの時空間領域は、他の計測手法ではアクセスできない領域であり、高分子・ソフトマター材料の物性を理解する上でも重要なダイナミクスが潜んでいます。引き続き SANS-U の共同利用推進、iNSE の再立ち上げに尽力していく所存です。

参考文献

[1] Mayumi, K.*, “Molecular dynamics and structure of polyrotaxane in solution”, Polymer Journal, 53, 581–586 (2021).

[2] 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).

[3] Mayumi, K.*, Endo, H. *, Osaka, N., Yokoyama, H., Nagao, M., Shibayama, M., Ito, K., "Mechanically Interlocked Structure of Polyrotaxane Investigated by Contrast Variation Small-Angle Neutron Scattering", Macromolecules, 42, 6327–6329 (2009).

[4] Mayumi, K.*, Nagao, M., Endo, H., Osaka, N., Shibayama, M.*, Ito, K. *, “Dynamics of polyrotaxane investigated by neutron spin echo”, Physica B, 404, 2600–2602 (2009).

[5] Mayumi, K.*, Osaka, N., Endo, H., Yokoyama, H., Sakai, Y., Shibayama, M., Ito, K.*, “Concentration-induced conformational change in linear polymer threaded into cyclic molecules”, Macromolecules, 41, 6480–6485 (2008).

「分子シミュレーション学会学術賞を受賞」

物質設計評価施設　　樋口 祐次

この度、2021 年度分子シミュレーション学会学術賞を受賞いたしました。授与式は11月30日に岡山大学で開催された分子シミュレーション討論会にて行われました。これまでにご指導いただきました野口博司先生、吉川研一先生、久保百司先生、加藤隆史先生には感謝の念に堪えません。共同研究者の皆様にもこの場をお借りして深く感謝申し上げます。

関連論文[1-5]をはじめとした「ソフトマター材料に関する分子シミュレーション」に関する研究が評価され、今回の受賞となりました。これまでに分子シミュレーションを用いて高分子、ゲル、両親媒性分子などのソフトマター材料の構造と物性を明らかにしてきました。ソフトマターは分子が集合して初めてその構造や機能を発現することから、分子レベルからメゾスケールまで幅広く理解する必要があります。さらに、系を決定する構成要素が多く存在することから、現象を本質的に理解するには、どのスケールでどの要素が重要か明確にする必要があります。この問題に対して、量子化学計算・全原子計算・粗視化計算を用いたマルチスケールのモデリングやシミュレーションと、自身でプログラム開発を行った大規模計算を用いることで、理論モデルが材料などの構造や物性を再現する要因に迫ってきました。構造作成すら困難なソフトマター実材料を適切にモデリングし、実験結果を再現するとともに、実験では解明が困難な分子論的理解を確立してきました。ソフトマターの実材料の理論的な理解という学理構築の観点や工学・実学への波及など、分子シミュレーション分野の発展に貢献できたと思います。

高分子材料の破壊プロセスに関しては、物性研究所のスーパーコンピュータを使用した大規模計算を実施することで、小規模な計算では扱えなかった構造、物性、現象を明らかにしました。物性研スパコンを使用することで、インパクトのある結果を出すことができました。この結果に関して物性研スパコンのパンフレットにも取り上げていただきました[6]。ハードとソフトの発達に伴い計算規模も大きくなってきており、分子シミュレーションでできることも増えていくかと思います。今後も分子シミュレーションによる大規模計算を行い、物性分野に貢献できればと思います。研究の詳細な内容や、私の研究歴などに関しては分子シミュレーション学会誌にも寄稿しましたので[7]、ぜひ一度ご覧いただければと思います。2023 年の 1 月末にウェブ上で無料公開される予定です。

関連文献

[1] Y. Higuchi and M. Kubo, “Deformation and Fracture Processes of a Lamellar Structure in Polyethylene at the Molecular Level by a Coarse-grained Molecular Dynamics Simulation”, *Macromolecules* **50**, 3690–3702 (2017).

[2] Y. Higuchi, “Coarse-grained molecular dynamics simulations of void generation and growth processes in the fracture of the lamellar structure of polyethylene”, *Phys. Rev. E* **103**, 042502 (2021).

[3] Y. Higuchi, K. Saito, T. Sakai, J. P. Gong, and M. Kubo, “Fracture Process of Double-Network Gels by Coarse-Grained Molecular Dynamics Simulation”, *Macromolecules* **51**, 3075–3087 (2018).

[4] H. Ito, Y. Higuchi, and N. Shimokawa, “Coarse-grained molecular dynamics simulation of charged lipid membranes: Phase separation and morphological dynamics”, *Phys. Rev. E* **94**, 042611 (2016).

[5] Y. Higuchi, Y. Asano, T. Kuwahara, and M. Hishida, “Rotational Dynamics of Water at the Phospholipid Bilayer Depending on the Head Groups Studied by Molecular Dynamics Simulations”, *Langmuir* **37**, 5329–5338 (2021).

[6] 樋口祐次, “分子シミュレーションで迫る高分子材料の破壊プロセス”，東京大学物性研究所スーパーコンピュータパンフレット, 15-16, (2021).

[7] 樋口祐次, “学術賞受賞寄稿「ソフトマター材料に関する分子シミュレーション」”, 分子シミュレーション学会誌「アンサンブル」**24**, 2-5 (2022).

第３回強磁場フォーラムフロンティア奨励賞を受賞して

附属国際超強磁場科学研究施設　　三宅 厚志

この度、2021 年 12 月に第 3 回強磁場フォーラムフロンティア奨励賞を受賞する栄誉に恵まれました。この賞は日本の研究機関で強磁場に関連した研究において、優れた成果をあげ、強磁場分野の発展に貢献した若手研究者に与えられる賞です。受賞対象は、「磁場に依存しない温度計の開発によるウラン系超伝導体におけるメタ磁性転移と超伝導の研究」で、論文[1,2,3]に関する研究が評価されたものです。徳永先生を始めとする共同研究者、ならびに日頃からお世話になっている附属国際超強磁場科学研究施設の皆様に誠に感謝しております。

研究対象であるウラン系超伝導体は UTe_2 という「重い電子系」物質で、2018 年末に超伝導転移が発見されました。発見当初からスピン 3 重項かつカイラル超伝導が実現している可能性が指摘され、世界的な競争が繰り広げられています。共同研究者である CEA グルノーブルの Jacques Flouquet 博士と UTe_2 の試料提供者である東北大青木大教授とは、私が CEA グルノーブルにポスドクとして彼らの研究室に所属していた頃から、長年共同研究を展開してきました。そのポスドク時代のテーマの一つが UTe_2 に繋がる強磁性超伝導 URhGe の磁場誘起超伝導でした。

UTe_2 はパウリ極限を超える超伝導臨界磁場を持ち、通常の超伝導発現機構では説明できないことが指摘されていました [4, 5]。すでに UTe_2 の超伝導発見者 Ran、Butch たちによって、メタ磁性転移が発見されたという情報も漏れ聞こえてきており、急いで実験を行い（Shinkansen - TGV mode）、確かに H_m ~35 T で 0.5 μ_B もの大きな磁化の跳びを伴うメタ磁性転移を観測しました [1]。さらに、様々な温度で磁化測定を行い、熱力学的な関係式から、電子比熱係数が H_m に向かい増大することを見出しました。平行して、フランスの元同僚達によって、H_m で磁気抵抗が 4 倍程度大きくなること、H_m に向かい T_c が増大し、H_m で超伝導が突然消失することなどが見出され、Journal of the Physical Society of Japan 誌にこれら 3 論文は連番で掲載されました[1,6,7]。その後、同所の今城氏、小濱所員らによるパルス磁場中での比熱測定により、電子比熱係数が確かに増大することが見出され、超伝導が磁場中で増強されていることと関連していることが分かりました[8]。ちなみに、JPSJ の 2019 年度高被引用文献 Top10 に上記 3 論文[1,6,7]を含む UTe_2 関連論文 6 報が入ったことからも、この物質の注目度の高さ、競争の激しさがお分り頂けると思います。

世界に先駆けてメタ磁性転移発見の報告は出来たのですが、文献[1]では等温過程を仮定した解析を行っており、その定量性に不安がありました。例えば、磁気抵抗から求められた相図[6]と我々の結果[1]に不一致が見られました。パルス磁場中での測定では、磁場掃引が早いために試料が断熱条件に近く、試料温度が磁場で変化する磁気熱量効果(MCE)が問題になることが知られていました。そこで、より定量的な解析のためには、磁化の磁場・温度変化を同時に評価することが不可欠でした。ちょうど、磁場効果の影響の少ないキャパシタンス温度計の開発に取り組んでおり、UTe_2 の磁化と MCE の同時測定に着手しました。そのための工夫は極簡単で、通常使用している磁化プローブ用の試料ホルダーに同軸ケーブル 2 本導入するだけでした。

「キャパシタンス温度計」のアイデアは UTe_2 とは全く異なる物質を対象に行った共同利用を通じて生まれました。その経緯を簡単に紹介します。東大新領域の木村健太助教とマルチフェロイック物質を対象に、パルス強磁場中での誘電率測定手法を確立しました[2]。これらの系では電気磁気効果を通じて、誘電率に顕著な磁場変化が見られます。逆に、非磁性の誘電体を使用すれば、誘電率の磁場変化は小さくて磁場較正が不要な「磁場に依存しない温度計」として使えるのではないか、と考えました。このアイデアは徳永先生と共同利用に来ていた徳永研 OB の木原工氏（現岡山大）にも評価され、開発に取り組むことになりました。文献を検索すると、同様の取り組みはすでに報告がありましたが、60 T 級までの磁場効果の報告はありませんでした。非磁性強誘電体試料（$KTa_xNb_{1-x}O_3$, KTN）を合成されていた NIMS の橘信氏に試料提供を依頼し、キャパシタンス温度計の開発に着手しました。様々な温度で 60 T までの誘電率の磁場依存性を測定し、予想通り誘電率がほとんど磁場変化しないことを確認し、磁場較正の不要な温度計として MCE 測定にも成功しました[2]。その後、橘氏

から KTN 合成法のレシピを詳しく教えて頂き、自分でも KTN を合成できるようになりました。組成比を変えることで、誘電率の大きな温度依存性を示す領域を制御できるのがポイントです。

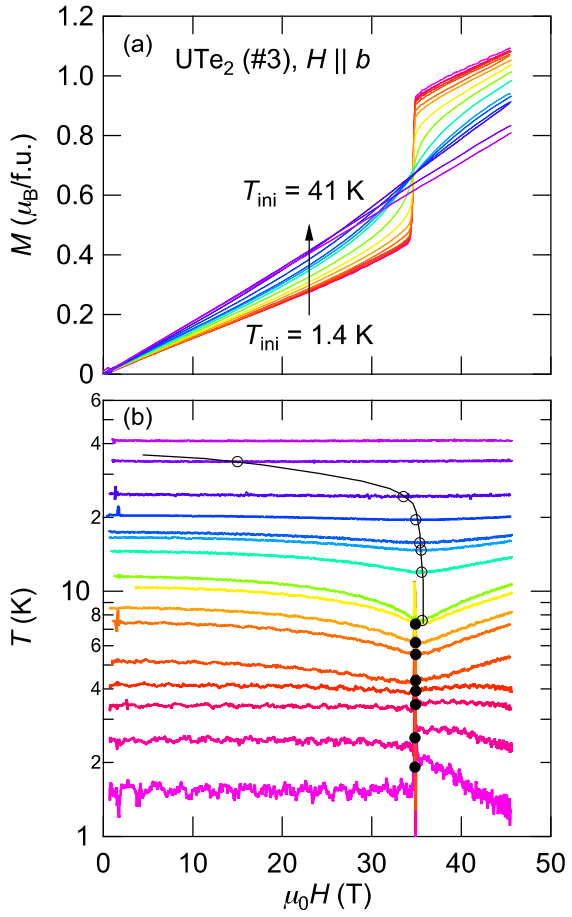


図 1. $H \parallel b$ における UTe_2 の(a)磁化、(b)試料温度の磁場依存性 [3]. (b)図の黒丸は 1 次のメタ磁性転移、白丸はクロスオーバーに対応する。

この温度計を試料に貼り付け、その誘電率と試料の磁化を同時に測定することで、図 1 に示すように UTe_2 の磁化と試料温度を同時に測定することに成功しました。35 T 付近のメタ磁性転移に伴い、試料温度が急激に変化します。一次転移であることの証左です。さらに、4.2 K より高温では、H_m に向かい試料温度が減少することを見出しました。このことから、ヘリウムガス中では、断熱条件に近い環境で実験が行われていること、磁場中でエントロピーが増大していることが分かりました。このように、磁化の温度、磁場変化を評価することが出来、より定量的に UTe_2 の磁場温度相図[図 1(b)黒丸、白丸]、電子比熱係数の磁場依存性を見積もることが出来ました[3]。UTe_2 の大きな謎として、b 軸から c 軸に傾けて磁場を印加すると、磁場[011]方向付近で H_m 以上で超伝導が再び現れることが知られています[9]。これは H_m で超伝導が消失する b 軸方向と対照的です。磁場[011]方向に対しても同様の磁化と MCE の同時測定を行いました。その結果、b 軸では電子比熱係数が不連続に減少するのに対して、[011]方向では増大することを明らかにしました[3]。H_m 近傍での詳細については、依然として未解明な問題点が多くありますが、メタ磁性転移前後で現れる磁場誘起超伝導の発現機構を解明する重要な実験結果であると考えています。実験技術の進歩が、この系の理解に直結していることを示した好例となりました。

同時測定によって実験効率の向上のみならず、試料依存性、磁場のミスアラインメントの影響のない、より定量的な議論を可能にしました。さらなる同時測定の応用として、磁化と電気分極、磁化と誘電率の測定にも取り組んでおり、共同利用で成果が挙げられつつあります。本受賞に至る経緯は必然とも思える研究対象、共同研究者の巡り合わせ、さらには共同利用経験の賜物です。このような恵まれた共同研究者、物性研の優れた研究環境下にいる幸運に感謝し、より一層の研究を邁進していきます。

[1] A. Miyake, Y. Shimizu, Y. J. Sato, D. Li, A. Nakamura, Y. Homma, F. Honda, J. Flouquet, M. Tokunaga, and D. Aoki, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 063706 (2019).

[2] A. Miyake, H. Mitamura, S. Kawachi, K. Kimura, T. Kimura, T. Kihara, M. Tachibana, and M. Tokunaga, Rev. Sci. Instrum. **91**, 105103 (2020).

[3] A. Miyake, Y. Shimizu, Y. J. Sato, D. Li, A. Nakamura, Y. Homma, F. Honda, J. Flouquet, M. Tokunaga, and D. Aoki, J. Phys. Soc. Jpn. **90**, 103702 (2021).

[4] S. Ran, C. Eckberg, Q.-P. Ding, Y. Furukawa, T. Metz, S. R. Saha, I.-L. Liu, M. Zic, H. Kim, J. Paglione, and N. P. Butch, Science **365**, 684 (2019).

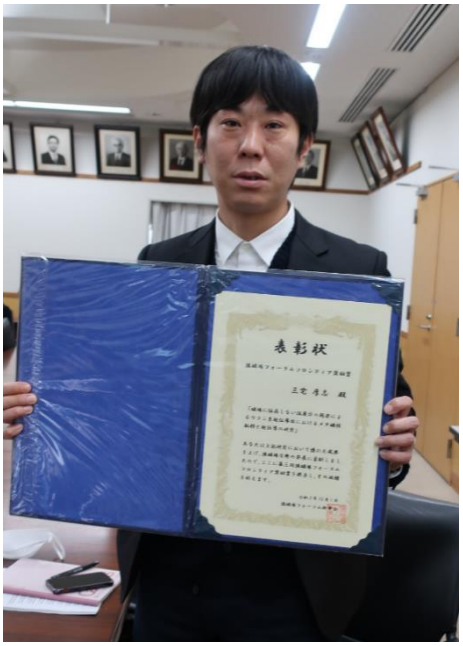
[5] D. Aoki, A. Nakamura, F. Honda, D. X. Li, Y. Homma, Y. Shimizu, Y. J. Sato, G. Knebel, J.-P. Brison, A. Pourret, D. Braithwaite, G. Lapertot, Q. Niu, M. Valis ˇka, H. Harima, and J. Flouquet, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 043702 (2019).

[6] W. Knafo, M. Valis ˇka, D. Braithwaite, G. Lapertot, G. Knebel, A. Pourret, J.-P. Brison, J. Flouquet, and D. Aoki, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 063705 (2019).

[7] G. Knebel, W. Knafo, A. Pourret, Q. Niu, M. Vališ̌ka, D. Braithwaite, G. Lapertot, M. Nardone, A. Zitouni, S. Mishra, I. Sheikin, G. Seyfarth, J.-P. Brison, D. Aoki, and J. Flouquet, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 063707 (2019).

[8] S. Imajo, Y. Kohama, A. Miyake, C. Dong, M. Tokunaga, J. Flouquet, K. Kindo, and D. Aoki, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 083705 (2019).

[9] S. Ran, I.-L. Liu, Y. S. Eo, D. J. Campbell, P. Neves, W. T. Fuhrman, S. R. Saha, C. Eckberg, H. Kim, J. Paglione, D. Graf, J. Singleton, and N. P. Butch, Nat. Phys. **15**, 1250 (2019).



2. 授賞式の様子（オンラインで紹介があり、物性研会議室で賞状が授与された。）

物性科学領域横断研究最優秀若手奨励賞を受賞して

凝縮系物性研究部門　森研究室　特任助教　　出倉　駿

この度、2021 年 11 月に行われました第 15 回物性科学領域横断研究会（領域合同研究会）にて、最優秀若手奨励賞を受賞する栄誉にあずかりました。この賞は、物性物理の将来を担う若手研究者の研究を奨励し、今後の発展研究への動機付けと物性科学の 5－10 年後のさらなる活況に貢献する人財育成を目的に、同研究会における若手講演者の中から最も優れた発表を行った者に授与されるものです。

受賞対象となった講演題目は「分子の内部自由度を活用した無水有機プロトン伝導体の開拓」です。近年、水素が酸素と反応して水になる時のエネルギーを電気化学的に取り出すデバイスである、水素燃料電池が注目されておりますが、その中で正極と負極の間のセパレータとして用いられる材料が、電子は流さずに水素イオン（H^+: プロトン）を伝導する“プロトン伝導体”です。なかでも、液漏れの心配がなく安全で高効率と期待されている、固体のプロトン伝導体の開発が盛んに行われています。そこではプロトン伝導体の中を単位時間あたりどのくらいの量のプロトンが流れるかの指標である“プロトン伝導度”が燃料電池の出力特性に直接的に影響するため、高いプロトン伝導度（超プロトン伝導：$> 10^{-3}$ S/cm）を達成することが当該分野での物質開発における主な指標となっています。現在、超プロトン伝導性を示すことが報告されている物質の多くが、加湿によって外部から水分子を取り込むことで初めてプロトン伝導性を示す有機ポリマーや多孔性材料です[1]。しかしながらこのような物質は加湿が不可欠であることに加え、100°C 程度で取り込んだ水が脱離してしまいプロトン伝導性を失うという問題が実用範囲を大きく狭めており、無加湿でもプロトン伝導性を示す“無水プロトン伝導体”の開発が求められています。これまでに多数の無水プロトン伝導体が報告されてきましたが、そのほとんどが有機ポリマーにリン酸等の酸を混ぜた混合物であったため、プロトン伝導の原理が解明できず、無水超プロトン伝導体の設計指針は得られていませんでした。

そのようななかで我々は、酸や塩基の分子が規則的に並んだ分子性単結晶を対象に、プロトン伝導度とその伝導機構の理解を目指した基礎的な研究を推進してきました[2–5]。含水系における先行研究では、水素結合ネットワークをプロトンが渡り歩くことで伝導する“Grotthuss 機構”と呼ばれる機構が提案されており、無水プロトン伝導体においても Grotthuss 的な機構でプロトンが伝導すると考えられています。そこでは分子が左から受け取ったプロトンを右に渡す必要がありますが、水分子が一貫して伝導を担う含水系とは異なり、無水の分子性固体では物質によって異なる様々な構成分子の“回転運動”や“互変異性”などが深く伝導機構に関与することが期待されます。我々は、このような分子内自由度を最大限に活かすことができれば、無水でも超プロトン伝導を達成する指針が得られると考えました。

そこで本研究では、イミダゾールとリン酸からなる分子性結晶において、イミダゾール分子が室温程度の温度であっても回転運動に由来する無秩序配向状態を示しており、これによって既報のリン酸のみが寄与するプロトン伝導体よりも圧倒的に高い超プロトン伝導を示すことを見出しました。一方で、イミダゾールと比較して 1 つ過剰なプロトン授受サイトを有する 1,2,3-トリアゾールという分子とリン酸を組み合わせた分子性結晶では、トリアゾール分子上をプロトンが渡り歩く“プロトン互変異性”によって大きな分子運動を伴わずとも超プロトン伝導性を示すことを見出し、無水超プロトン伝導体の新しい設計指針を提案しました。これらの成果は現在論文投稿に向けて準備を進めているところです。

今回頂いた賞を励みにますます研究に邁進し、分子の個性を活かしながら分子性単結晶という機構解明に理想的な系を舞台にして根底に横たわる学理を追究することで、無加湿燃料電池等の実用に足る次世代材料の開発に繋がるだけでなく、固体中水素にまつわる物性科学の未到領域の開拓にも繋がると期待しています。

最後に、本研究の遂行にあたり、森教授・西岡氏(M2)をはじめ、金沢大学の水野教授、筑波大学の重田教授・堀助教、東大新領域の植村教授・北尾助教にお世話になりました。この場をお借りして深く感謝申し上げます。

[1] S. C. Pal and M. C. Das, *Adv. Funct. Mater.* **2021**, 2101584.
[2] Y. Sunairi *et al.*, *J. Phys. Chem. C* **2018**, *122*, 11623.
[3] Y. Sunairi *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.* **2020**, *89*, 051008.
[4] Y. Hori *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.* **2021**, *12*, 5390.
[5] S. Dekura *et al.*, *Solid State Ionics* **2021**, *372*, 115775.

物性研究所短期研究会

分子性固体研究の拡がり：新物質と新現象

https://yamashita.issp.u-tokyo.ac.jp/tanki211201/

【日程】2021 年 12 月 1 日(水)～2 日(木)
【場所】物性研究所 6 階大講義室と Zoom によるハイブリッドミーティング
【研究会提案者】伊藤哲明、上田顕、長田俊人、草本哲郎、須田理行、妹尾仁嗣、田嶋尚也、中惇、山下穣、吉見一慶

分子性固体は、その電気伝導性、磁性、誘電性、光機能性、デバイス特性など多彩な面から多くの研究がなされてきた。これらの現象の特性を最適化するために、分子・結晶の設計・選択がなされ、理論研究も伴って精密な定量化が行われてきた。BEDT-TTF 分子を構成要素とした物質群における、モット転移・非従来型超伝導・量子スピン液体・電荷秩序と電子誘電性・電荷グラス・ディラック電子など多くの現象の発現はその最たる成功例であろう。このような発展は、研究分野形成初期において化学から物理に渡る幅広い範囲の専門家が協力した結果であり、分子性固体研究の持つ従来の常識を超えた新物質・新現象を生み出すポテンシャルを示している。

このような状況下で近年、複数の特性を有した分子性物質の合成および物性発現機構の研究や、分子性固体以外の分野での発展を取り込み境界領域に踏み込んだ研究も増え、新分野への発展のシーズとなりえる研究が勃興してきた。このような個々の発展について議論し、さらなる新展開へのメルティングポットとしての役割を目指すため「分子性固体研究の拡がり：新物質と新現象」と題した短期研究会を開催した。招待講演者として、新種の有機電荷移動錯体をはじめ金属錯体・ラジカル系・金属有機構造体(MOF)など広い範囲の物質系に関する物質開発者を重点的に、また最先端の計測技術を用いた研究や新規現象に対する実験・理論に関する研究を行っている国内の若手～中堅研究者を中心に招待した。

この短期研究会では下記のプログラムにあるように 30 名の招待講演者と一般講演者による研究発表が行われた。講演者の多くと世話人(計 40 名弱) が大講義に集まり、ほかの参加者は Zoom でオンライン参加するハイブリッド形式で開催した。講演申し込みをいただいたものの、時間の制約から 41 件の講演をポスター発表とした。こちらはポスターごとにブレイクアウトルームを作る形式によるオンライン発表とした。短期研究会の事前参加登録者は 230 名に及び、オンラインには連日 200 名を超える参加者があった。

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、様々な磁気・光・電荷の交差相関を見せる新規金属錯体系の開発、第一原理計算や強相関理論による新現象解明、新規の分子性物質におけるπ電子系の設計、最先端光源を用いた光誘起非線形現象の研究、分子性トポロジカル物質における非自明な電子状態の計測・解析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。

多くの参加者にとって久しぶりの対面での研究会であり、改めて対面で議論をすることの意義を再確認する会議であった。一方、講演中のスライドは前のスクリーンより手元の PC のほうが見やすかったり、外国などの遠方からや会議の合間でも議論に参加できたりする等のオンライン会議の良さも改めて認識させられた。オンライン参加者と講演者との議論を深めるため、この研究会ではそれぞれの講演後の質疑応答に加えて、各セッション後に講演者ごとのブレイクアウトルームを作成し、現地参加者もオンライン参加者もそれぞれのブレイクルームで追加の議論が行えるようにした。講演者を含む現地参加者が同じ大講義室内で Zoom を使うことになるので、周りの音を拾ってしまったりするトラブルを危惧して隣接する会議室を用意したが、案外問題なくできた。講演者がスクリーンへの投影と Zoom 画面共有を同時に行う形式にしたが、外部プロジェクタの接続時に PC のスピーカー出力設定が切り替わってしまうことによるトラブルが一番多かった。同じ部屋にいる人同士が Zoom で議論することには違和感があったが、現地参加者とリモート参加者の区別なく様々な議論ができて有益であった。こうした追加の議論時間をセッション後に設けることは、対面かオンラインに関わらず、他の研究会や学会等でも有効だと思われる。今後の参考に、会議レイアウトと講演の様子を以下に示す。

2021 年度物性研究所短期研究会
「分子性固体研究の拡がり：新物質と新現象」

日程：2021 年 12 月 1 日(水) 8:50～ 2 日(木) 18:00
場所：物性研究所 6 階大講義室／オンライン Zoom
https://yamashita.issp.u-tokyo.ac.jp/tanki211201/

12 月 1 日(水)

8:50-9:05　所長挨拶（森 初果）・はじめに（妹尾 仁嗣）・諸連絡

セッション 1　座長：妹尾 仁嗣（理研）

9:05-9:30　宮坂 等　（東北大金研）
「金属錯体格子における化学-物理情報変換設計」

9:30-9:50　石川 忠彦　（東工大理学院）
「電荷移動相転移を起こす低次元金属有機構造体$(NPr_4)_2[Fe_2(Cl_2An)_3]$の超高速光誘起ダイナミクス」

9:50-10:15　賀川 史敬　（東大工・理研創発）
「パルス／定常電流を用いた相転移・相制御」

10:15-10:35　村瀬 秀明　（東大工）
「θ-$(ET)_2RbZn(SCN)_4$における電荷ガラスの結晶化の実空間実時間観測」

10:35-11:00　breakout room & 休憩

セッション 2　座長：草本 哲郎（分子研）

11:00-11:25　水津 理恵　（名大理）
「強相関ラジカル分子をもちいた分子性ハニカム格子の構築と電子構造」

11:25-11:45　三澤 貴宏　（北京量子院）
「第一原理計算を用いたβ'-$X[Pd(dmit)_2]_2$における電子相関と幾何学的フラストレーションの定量的評価造」

11:45-12:05　高橋 一志　（神戸大理）
「スピンクロスオーバー誘起結合異性」

12:05-12:20　breakout room

昼食&ポスターセッション 1

12:20-13:20　昼食（ポスター掲示）

13:20-14:20　ポスターセッション 1

14:20-14:30　休憩

セッション 3　座長：中 惇（早大先進理工）

14:30-14:55　楊井 伸浩　（九大工）
「分子性固体材料におけるトリプレットの活用」

14:55-15:20　小川 直毅　（理研創発）
「分子性固体の低周波非線形光物性」

15:20-15:40　宮本 辰也　（東大新領域）
「分子内振動励起による TTF-CA のイオン性-中性転換」

15:40-16:00　須波 圭史　（東大工）
「有機強誘電体におけるトポロジカル励起と電気磁気交差相関」

16:00-16:25　breakout room & 休憩

セッション 4　**座長：長田 俊人（東大物性研）**

16:25-16:50　堀田 知佐　（東大総合文化）
「κ-$ET_2Hg(SCN)_2Br$ の電荷揺らぎと強磁性」

16:50-17:10　浦井 瑞紀　（東大工）
「量子双極子液体物質 κ-$(ET)_2Hg(SCN)_2Br$ の NMR 研究」

17:10-17:30　圷 広樹　（阪大理）
「永久双極子モーメントを有する対イオンを構成成分とする有機導体におけるドープ・非ドープ相転移」

17:30-17:50　伊東 裕　（名大工）
「有機スピン液体候補物質に対する圧力下電場誘起相転移」

17:50-18:05　breakout room

12 月 2 日(木)

セッション 5　**座長：須田 理行（京大理）**

8:50-9:15　佐藤 治　（九大先導研）
「分子内電子移動を利用した金属錯体結晶の分極制御」

9:15-9:35　鈴木 敦子　（東北大工）
「配位子-金属間電荷移動状態を持つイッテルビウム錯体の近赤外発光特性」

9:35-10:00　石崎 章仁　（分子研）
「tba」

10:00-10:20　田中 康寛　（早大先進理工）
「有機導体α-$(BEDT\text{-}TTF)_2I_3$における円偏光誘起トポロジカル状態の実時間ダイナミクス」

10:20-10:45　breakout room & 休憩

セッション 6　**座長：上田 顕（熊本大理）**

10:45-11:10　西原 禎文　（広大理）
「単一分子で強誘電体の様な挙動を示す「単分子誘電体」の開発」

11:10-11:30　大谷 亮　（九大理）
「一次元極性シアノ金属錯体の合成と物性」

11:30-11:50　大木 大悟　（名大理）
「有機ディラック電子系α-$(BEDT\text{-}TTF)_2I_3$およびα-$(BEDT\text{-}TSeF)_2I_3$の金属-絶縁体転移におけるクーロン相互作用の効果」

11:50-12:10　Andhika Kiswandhi　（東大物性研）
「Verification of Massive Dirac Fermion State by Nonlinear Anomalous Hall Effect in Organic Conductor α-$(BEDT\text{-}TTF)_2I_3$」

12:10-12:25　breakout room

昼食&ポスターセッション 2

12:25-13:25　昼食（ポスター掲示）

13:25-14:25　ポスターセッション 2

14:25-14:35　休憩

セッション7 座長：伊藤 哲明（東理大理）

14:35-15:00 伊藤 弘毅 （東北大理）
「電子強誘電体$(TMTTF)_2X$における短距離/長距離電荷相関とその光励起ダイナミクス」

15:00-15:20 中村 優斗 （名大工）
「ラマン散乱分光法を用いた量子スピン液体における磁気励起の観測」

15:20-15:40 今城 周作 （東大物性研）
「FFLO 状態におけるネマティック液晶性の検出」

15:40-16:05 breakout room & 休憩

セッション8 座長：吉見 一慶（東大物性研）

16:05-16:30 井口 弘章 （東北大理）
「多孔性分子導体の開発：現況と問題点」

16:30-16:50 藤野 智子 （東大物性研）
「ドナー－アクセプター間の混成軌道を基盤とした高伝導性交互積層型有機電荷移動錯体の開発」

16:50-17:10 多田 靖啓 （広大理）
「磁場中ディラック系の量子臨界現象」

17:10-17:35 中 惇 （早大理工）
「有機反強磁性体のスピン・電荷輸送」

17:35-17:40 おわりに

17:40-17:55 breakout room

ポスターセッション1 12月1日(火) 昼食時より掲示、コアタイム 13:20-14:20

1-1. 加藤 将貴（東大理）
「金属有機構造体の酸素吸着による磁気制御」

1-2. 川村 泰喜（名大理）
「単一成分分子性導体$[Ni(dmdt)_2]$のフラグメント軌道に依存するスピン揺らぎ」

1-3. 堀内 新之介（長崎大工）
「有機ホストと金属錯体からなる複合体結晶の創出」

1-4. 齋藤 正樹（名大理）
「単一成分分子性導体$[Ni(hfdt)_2]$の強束縛模型と電子状態」

1-5. 小形 正男（東大理）
「Theory of Phason Drag Effect on Thermoelectricity」

1-6. 福岡 脩平（北大理）
「λ型 BETS 塩の強磁場電子状態と温度磁場相図」

1-7. 高橋 啓太（埼玉大理工）
「重水素化したκ-$(ET)_2Cu[N(CN)_2]Br$塩における相分離した超伝導相の交流磁化率による分析」

1-8. 岸木 敬太（熊本大教育）
「α-$(BEDT\text{-}TTF)_2I_3$の多様なランダウ準位と dHvA 振動」

1-9. 小野塚 洸太（東大物性研）
「エチレンジチオチオフェンオリゴマーの鎖長伸長と電荷移動塩形成」

1-10. 原 武史 （名大工）
「分子性結晶におけるフロンティア軌道と価電子密度分布」

1-11.　櫻井 健人（埼玉大理工）
「新規有機導体 κ-(BEST)$_2$Cu$_2$(CN)$_3$ の圧力下電気抵抗測定」

1-12.　加藤 優樹（埼玉大理工）
「^{127}I-NQR 法を用いた有機導体α-(BEDT-TTF) $_2$I$_3$ の電荷秩序の観測」

1-13.　出倉 駿　（東大物性研）
「アゾリウムーリン酸塩における分子内自由度に基づく無水超プロトン伝導」

1-14.　西岡 海人（東大物性研）
「1, 2, 3 -トリアゾールーリン酸塩単結晶における等方的無水超プロトン伝導」

1-15.　山崎 大誠（埼玉大理工）
「有機反強磁性体 κ 型 BEDT-TTF 塩のゼロ磁場磁気構造の ^{63}Cu-NQR による研究」

1-16.　鍋井 庸次（分子研）
「キラル金属結晶 CrNb$_3$S$_6$ における電流誘起磁性」

1-17.　北山 元晴（東大物性研）
「π 電子-プロトン相関型有機伝導体 κ-H$_3$(Cat-EDT-ST)$_2$ における圧力下電気抵抗測定」

1-18.　中村 優斗（名大工）
「α-(BEDT-TTF)$_2$I$_3$ のラマン散乱スペクトルの温度圧力依存性」

1-19.　相澤 洋紀（総研大）
「螺旋状積層型フタロシアニンの CISS 効果によるキラル分割」

1-20.　渡部 洋　（立命館大総合）
「ダイマー型分子性導体 κ-(ET)$_2$X の超伝導発現機構」

1-21.　野本 哲也（東大物性研）
「電荷グラス形成体θ-(BEDT-TTF)$_2$CsM(SCN)$_4$ (M=Zn, Co)の強磁場下物性」

ポスターセッション 2　　**12 月 2 日(水) 昼食時より掲示、コアタイム 13:25-14:25**

2-1.　小林 晃人（名大理）
「有機ディラック電子系α-(BEDT-TSeF)$_2$I$_3$ におけるトポロジカル秩序と金属絶縁体クロスオーバー」

2-2.　石井 智大（九大工）
「Enhanced light-matter interaction and polariton relaxation by the control of molecular orientation」

2-3.　菅原 佳哉（埼玉大理工）
「パームキュービックアンビルセルを用いた β'-(BEST)$_2$CuCl$_2$ の超高圧下電気抵抗測定による 10K 級超伝導の発見」

2-4.　北山 圭亮（東大理）
「有機導体α-(BEDT-TTF)$_2$I$_3$ における光誘起トポロジカル相転移の理論研究」

2-5.　洪 在賢　（埼玉大理工）
「新規電荷移動錯体α', α'''-(BEDT-STF)$_2$ICl$_2$ の構造と伝導性」

2-6.　横森 創　（東大物性研）
「プロトン-電子カップリングに基づく光機能性制御と機構解明」

2-7.　上野 祥広（東大工）
「ドープされたスピン液体物質 κ-(ET)$_4$Hg$_{2.89}$Br$_8$ の超伝導相における NMR 研究」

2-8.　長田 俊人（東大物性研）
「有機ディラック電子系の弱い電荷秩序状態とトポロジカル輸送」

2-9.　若松 浩大（東大工）
「Pressure induced BEC-BCS crossover in a doped spin liquid candidate, κ- (BEDT-TTF)$_4$H$_{g2.89}$Br$_8$」

2-10.　関根 孝彦（東大工）
「α-(BETS)$_2$I$_3$ の伝導面平行磁場下 13C-NMR 研究」

2-11.　畠村 匠　（東大工）
「Dirac nodal line 物質 Ni(dmdt)$_2$ の ^{13}C-NMR 研究」

2-12.　馬場 智大（東大工）
「中性-イオン性転移物質 TTF-CA における圧力下ゼーベック効果」

2-13.　福田 大地（東大工）
「電荷フラストレート系θ-(BEDT-TTF)$_2$I$_3$ の一軸圧下 ^{13}C-NMR」

2-14.　吉見 一慶（東大物性研）
「TM 分子系における系統的第一原理有効模型構築および電子状態の考察」

2-15.　藤井 証　（愛媛大工）
「エチレンジセレノ基を導入した新規 TSF 系導体の合成、構造と物性」

2-16.　鈴木 拳土（愛媛大工）
「アルキル基が置換した・縮小型 TTP ドナーを用いた分子性導体の構造と物性」

2-17.　伊藤 雅聡（東大物性研）
「新規平面型ニッケル錯体の開発：配位子上アルコキシ基の鎖長による電子構造変調」

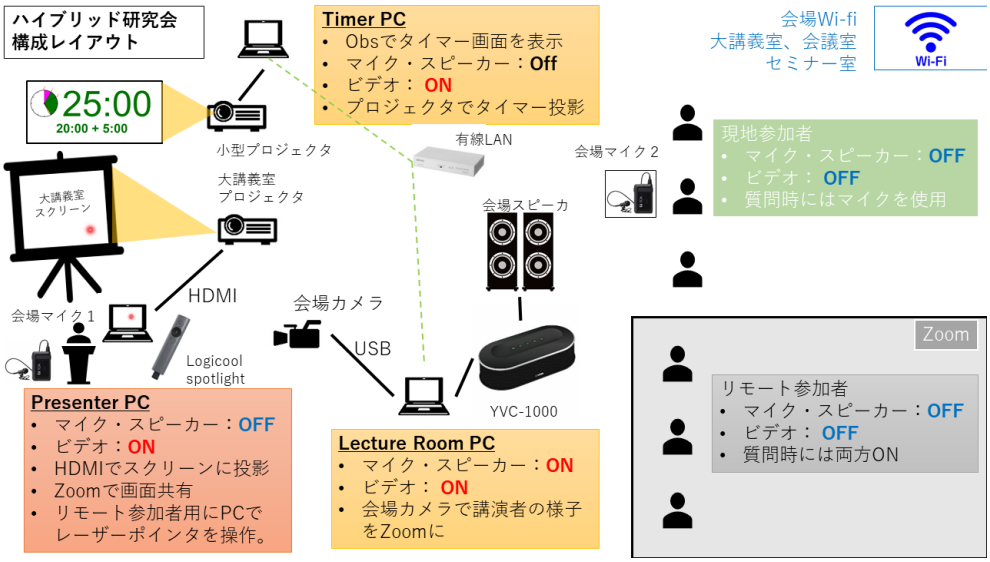
2-18.　藤崎 真広（愛媛大工）
「フェノール部位を含む DT-TTF 誘導体の合成と物性」

2-19.　松尾 一輝（東大新領域）
「電子豊富エチレンジカルコゲノチオフェン(EDXT:X = O, S)$_2$ 量体塩単結晶：原子置換効果」

2-20.　田原 圭志朗（兵県大理）
「金属錯体単分子膜と有機半導体の接合界面の作製と有機トランジスタへの応用」

写真１：講演時の様子

写真２：ブレイクアウトディスカッション時の様子



ハイブリッド研究会の構成レイアウト

会場準備と講演時の様子

物性研究所セミナー

標題：Quantum Signal Processing and Optimal Hamiltonian Simulation using Rydberg Atoms
日時：2022 年 2 月 4 日(金)　午後 4 時～午後 5 時
場所：On Zoom
講師：Dr. Sho Sugiura
所属：NTT Research, Inc
要旨：

Quantum algorithms promise an immense improvement to our current information processing capabilities by utilizing interference phenomena in an exponentially large Hilbert space. However, the large size of the Hilbert space also poses a crucial challenge to the experimentalists, who strive to design protocols that navigate the Hilbert space using only a small number of semiclassical control fields.

In this talk, we propose concrete protocols to implement a framework of quantum algorithms on the experimental platform of Rydberg atoms [Sina Zeytinoglu and Sho Sugiura, arXiv:2201.04665]. What enables such an overarching proposal is the recently developed algorithms of Linear Combination of Unitaries (LCU) and Quantum Signal Processing (QSP), which was shown to unify core quantum subroutines such as phase estimation, search and Hamiltonian simulation. We aim to perform a comprehensive study of the implementation of these quantum algorithms in the Rydberg system. Specifically, we (1) identify the tree structure of the data to be loaded into the Rydberg system, (2) give the complete procedure to load the data into the Rydberg system and perform the calculation down to the laser pulse sequences, and (3) analyze the errors this procedure and show that it achieves a near-optimal implementation of the target algorithm, (4) develop a method to make the experimental system scalable with respect to the system size, and (5) calculate the resources required to run an optimal Hamiltonian simulation on the Rydberg system.

While these results are specific to the Rydberg platform, our results highlight the importance of including the details of the native dynamics relevant to a concrete experimental implementation when analysing the performance of quantum algorithms.

標題：Effects of electron-phonon and -magnon scattering on the finite temperature magnetization of permanent magnet materials
日時：2022 年 2 月 18 日(金)　午後 4 時～午後 5 時
場所：Zoom 開催
講師：Prof. Hisazumi Akai
所属：ISSP, The University of Tokyo
要旨：

For the development of permanent magnet materials, it is crucial to improve their magnetic properties at finite temperature including the Curie temperature. In terms of first-principles electronic structure calculations, these properties are rarely addressed because of the difficulties arising from the itinerant nature of the magnetism of these materials. So far, most attempts have been made to use the nonlocal static susceptibility, calculated by, e.g., according to Liechtenstein's prescription, which is mapped to exchange couplings J's of the classical Heisenberg model, and to apply statistical methods to it. One of the problems of such approaches is that J's are actually strongly

temperature dependent in the itinerant electron systems is neglected. The effects of electron scattering due to phonons and magnons on J's are particularly important. In the present study, we include both the effects on electronic structure and hence J's at moderately high temperatures and discuss finite temperature magnetization and the Curie temperature from first-principles.

標題：テラヘルツ・中赤外光源開発とディラック半金属光制御への応用
日時：2022 年 2 月 24 日(木)　午後 0 時 15 分～午後 1 時 15 分
場所：Zoom 開催
講師：神田 夏輝
所属：極限コヒーレント光科学研究センター 松永研究室 助教
要旨：

テラヘルツ帯や中赤外域の光は、物質の低エネルギー応答の観測において重要なツールであるとともに、高強度電場により電子を強く加速したり低エネルギー素励起を大振幅に引き起こしたりすることで、物質を光制御し新たな機能性を見出すことが可能となる。本セミナーでは、松永研究室で進めている光源開発の紹介とともに、ディラック半金属 Cd3As2 に関する最近の研究成果について紹介する。

1 THz 帯の高強度光源を用いた実験により、Cd3As2 がディラック電子のコヒーレント加速によって高効率なテラヘルツ高調波を発生させることを見出した[1]。またマルチテラヘルツ帯と呼ばれる 10-50 THz 周波数帯の光源と分光技術の開発を行い[2]、Cd3As2 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、光励起キャリアによってマルチテラヘルツ帯の屈折率が 1/5 以下に急激に減少することを見出したほか[3]、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発見した[4]。3 次元ディラック半金属の円偏光励起によるフロッケ-ワイル半金属転換についても議論する。

[1] B. Cheng*, N. Kanda* et al., Phys. Rev. Lett. 124, 117402 (2020).
[2] N. Kanda et al., Opt. Express 29, 3479 (2021).
[3] N. Kanda et al., arXiv:2110.09689.
[4] Y. Murotani*, N. Kanda*, et al., arXiv:2112.13113.
*: equal contribution

標題：ISSP Informal Theory Seminar/Kavli IPMU Joint Seminar: The emergibility problem and an anomaly-based framework
日時：2022 年 3 月 3 日(木)　午後 0 時～午後 1 時 15 分
場所：Zoom 開催
講師：Liujun Zou
所属：Perimeter Institute
要旨：

One of the central themes of quantum many-body physics and quantum field theory is the emergence of universality classes at large scales out of the microscopic constitutes at small scales. However, it is often rather difficult to identify in a controlled manner the universality class based on the microscopic physics of the system. I will discuss the inverse problem of the previous one, i.e. the "emergibility problem": given a universality class, from which microscopic systems can it emerge? I will argue that quantum anomaly provides powerful insight into the emergibility problem, based on

which I will establish a framework for it. I will present the results obtained by applying this framework to study the emergibility of a family of exotic universality classes, dubbed “Stiefel liquids”. The Stiefel liquids form an infinite family that unify the celebrated deconfined quantum critical point and Dirac spin liquid and generalize them to possibly non-Lagrangian quantum critical states. Our anomaly-based framework for the emergibility problem allows us to predict all different realizations and specific properties of the Stiefel liquids in various frustrated magnets, such as triangular lattice spin-1/2 systems. Most of the realizations we identify were not envisioned before, and some of them cannot be described using the conventional approach.

Refs:
Ye, Guo, He, Wang, Zou, arXiv: 2111.12097.
Zou, He, Wang, arXiv: 2101.07805.

標題：スピン軌道結合金属パイロクロア Cd2Re2O7 における多極子秩序転移： ランダウ理論に基づく磁気トルク解析
日時：2022 年 3 月 4 日(金)　午前 11 時～午後 0 時
場所：Zoom 開催
講師：宇治 進也
所属：物質材料研究機構(NIMS)
要旨：

Re の 5d 電子が伝導体を形成するパイロクロア酸化物 Cd2Re2O7 は、スピン軌道相互作用が比較的強く、スピン軌道結合金属と呼ばれる。室温では立方晶であるが、温度を下げると 200Kと 120Kでそれぞれ 2 次、1 次の構造相転移を引き起こし、正方晶へと対称性が低下する[1]。

それら相転移温度では、非常に小さな構造変化であるにも関わらず大きな電子状態の変化が観測されるため、スピン軌道相互作用によるフェルミ面構造の不安定性が相転移の起源と考えられている[2]。

対称性が極めて高い物質は、電子系の何らかの不安定性により対称性が落ちることが多いが、その本質となる秩序変数の対称性は、相転移メカニズム解明には重要な情報である。特に、Cd2Re2O7 では多極子秩序転移であるために、一般には秩序変数を見極める実験は限られている。本セミナーでは、小さな単結晶 1 つで測定が可能なマイクロキャンティレバーを用いた磁気トルク信号の異方性を、ランダウ理論に基づき解析することで、秩序変数の対称性やその多極子秩序が決められることを示す。Cd2Re2O7 は金属常磁性状態であるので、この測定ではパウリ常磁性の異方性を観測していることになる。このようなランダウ理論に基づくトルク測定・解析手法は前例がなく、相転移研究に非常に強力であることを紹介したい[3-5]。

本研究は、寺嶋太一（NIMS）、杉浦栞理、廣瀬陽代、松林康仁（産総研）、杉浦栞理（東北大）、 長谷川巧（広島大）、杉井かおり、平井大悟郎、広井善二（物性研）との共同研究である。

[1] L. Fu, Phys. Rev. Lett. 115, 026401(2015).
[2] Z. Hiroi, et al., J. Phys. Soc. Jpn. 87, 024702 (2018).
[3] Y. Matsubayashi, et. al., Phys. Rev. B 101, 205133(2020).
[4] S. Uji, et. al., Phys. Rev. B 102, 155131 (2020).
[5] S. Uji, et. al., J. Phys. Soc. Jpn. 90, 064714 (2021).

標題：大規模住民コホート調査における解析情報の蓄積と公開
日時：2022 年 3 月 11 日(金)　午後 4 時 30 分～午後 5 時 30 分
場所：Zoom 開催
講師：元池 育子
所属：東北大学　東北メディカル・メガバンク機構
要旨：

東北メディカル・メガバンク機構(ToMMo)は，宮城県及び岩手県を中心とした被災地を含む地域の住民約 15 万人を対象として大規模健康調査を実施してきている。それとともに、協力者の生体試料、健康情報、医療情報等を収集し、ゲノム情報等と併せて解析することにより個別化医療等の基盤形成を目指し、生体試料と情報を統合した複合バイオバンクの構築を行ってきている。

我々はこれまで、日本人集団における対照群としての利用を想定し、生体試料の各種解析結果について、日本人多層オミクスリファレンスパネル(jMorp1)として公開してきている。2015 年に約 500 人の血漿メタボローム/プロテオームの解析結果を公開し、以後年々収載データの量と種類を増やしてきた。現在ではゲノム解析情報やトランスクリプトーム、メチローム、口腔メタゲノム、日本人基準ゲノム配列なども合わせて収載しており 2、ヒトに関わる生命科学の総合的な情報を収載するリファレンスパネルを目指している。ここではその取り組みについて紹介する。

[1] https://jmorp.megabank.tohoku.ac.jp/
[2] Tadaka et al., Nucleic Acids Research. 2020 Nov 12;gkaa1034.

標題：強磁場フォーラム フロンティア奨励賞の受賞講演
日時：2022 年 3 月 24 日(木)　午前 10 時～午後 0 時
場所：Zoom 開催
要旨：

1. 「はじめに」
   東京大学 物性研究所　徳永 将史

2. 「パルス・定常強磁場を併用した NMR 測定によるミクロな強磁場物性研究」
   北海道大学　井原 慶彦　（30 分）

3. 「強磁性・反強磁性相互作用の競合する量子磁性体の理論的研究」
   慶応義塾大学　古川 俊輔　（30 分）

4. 「磁場に依存しない温度計の開発によるウラン系超伝導体におけるメタ磁性転移と超伝導の研究」
   東京大学 物性研究所　三宅 厚志　（30 分）

5. 「有機ラジカル系によって実現する多彩な量子スピンモデルの強磁場物性」
   大阪府立大学　山口 博則　（30 分）

標題：Hund Physics Landscape of Two-Orbital Systems
日時：2022 年 3 月 25 日(金)　午後４時～午後５時
場所：On Zoom
講師：Assoc. Prof. Myung Joon Han
所属：Department of Physics, KAIST
要旨：

Hund metal is a recently coined term to refer to a special type of correlated metals in which atomic Hund interaction plays the key role [1]. In this talk, after a brief introduction to Hund metal, I will present our recent progress on this issue [2]. We conducted a detailed investigation on the two-orbital case which has been on the periphery of the attention. We identify distinctive regimes, particularly the four different correlated metals; one stems from the proximity to a Mott insulator and the other three we call 'intermediate' metal, 'weak Hund' metal, and 'valence-skipping' metal. Defining criteria characterizing these metals is suggested. Contrary to conventional wisdom the current study establishes the existence of Hund metallicity in two-orbital systems. Our result also provides useful insights to understand metallic two-orbital systems such as the recently discovered superconducting infinite-layer nickelates.

Reference

[1] For a review, see, A. Georges et al., Annu. Rev. Condens. Matter Phys. 4, 137 (2013).
[2] S. Ryee et al., Phys. Rev. Lett. 126, 206401 (2021)

標題：Systematic ab initio study on quantum spin liquid in organic solids β' -X[Pd(dmit)2]2
日時：2022 年 3 月 28 日(月)　午後４時～午後５時
場所：Zoom 開催
講師：三澤 貴宏
所属：Beijing Academy of Quantum Information Sciences
要旨：

In this talk, first, I will introduce our activity on developing open-source software packages (mVMC [1], HΦ [2], and RESPACK [3]) for treating strongly correlated electron systems. Combining these software packages, it is now possible to perform fully ab initio (non-empirical) calculations for strongly correlated electron systems. As an example, I will talk about the recent application to the organic solids (β'-X[Pd(dmit)2]2, X represents a cation) [4-6], where the quantum spin liquid behavior is found in X=EtMe3Sb. By deriving and analyzing the ab initio low-energy effective Hamiltonians for all the 9 compounds in β'-X[Pd(dmit)2]2, we have found that the magnetic ordered moment is significantly suppressed around the spin-liquid candidate EtMe3Sb. Using the variational Monte Carlo method, we have also shown that 1D anisotropic quantum spin liquid appears in the effective Hamiltonians of EtMe3Sb. We have demonstrated that the 1D nature of the quantum spin liquid can explain the thermodynamic quantities observed in EtMe3Sb such as large thermal conductivity.

[1] https://www.pasums.issp.u-tokyo.ac.jp/mvmc/en/
[2] https://www.pasums.issp.u-tokyo.ac.jp/hphi/en/
[3] https://sites.google.com/view/kazuma7k6r
[4] T. Misawa, K. Yoshimi, and T. Tsumuraya, Phys. Rev. Research 2, 032072 (R) (2020).
[5] K. Yoshimi, T. Tsumuraya, and T. Misawa, Phys. Rev. Research 3, 033224 (2021).
[6] K. Ido, K. Yoshimi, T. Misawa, and M. Imada, arXiv:2202.07182.

標題：光電子ホログラフィーによるドーパントの原子配列の観測
日時：2022 年 3 月 29 日(火)　午後 1 時 30 分～
場所：Zoom 開催
講師：松下 智裕
所属：奈良先端科学技術大学院大学
要旨：

角度分解光電子分光は価電子帯のバンド構造の測定に主に利用されている。価電子帯の光電子放出角度分布にはバンド構造が直接反映されるためである。一方で内殻電子からの光電子角度放出分布を測定すると、光電子ホログラムが得られる。これにより光電子を放出した原子の周辺の立体原子配列が得られる。近年は周期境界条件を持たない結晶中のドーパントなどの原子配列測定に応用して、ドーパントが作る独特な原子配列を垣間見ることができるようになった。

例えば、リンをドープしたダイヤモンドは n 型半導体になることが期待されているが、これを達成するのは難しい。そこで、光電子ホログラフィーを用いてリン原子周辺の立体原子配列の解明を行ったところ、リン原子はダイヤモンド中で空孔を伴った配置になることが特定された[1]。他にも Si 結晶中の As ドーパント[2]、グラファイト中の Ca, K インターカレーション[3]などの研究成果があり、さらに超伝導物質のドーパント、MoS2 の Na インターカレーション、GaN ドーパント、GaN-酸化膜の界面構造、ダイヤモンド-絶縁膜の界面構造、Si 初期酸化構造などの研究が進められている。

これらの研究を推進するにあたり、新型の小型電子アナライザーの発明[4]と光電子ホログラムのシミュレーション、スパースモデリングを用いた立体原子像再構成理論[5]などの研究も行った。これらについて紹介をする。

[1] T. Yokoya, T. Matsushita, et al., Nano Lett., 19, 5915 (2019).
[2] K. Tsutsui, T. Matsushita, et al., Nano Lett., 17, 7533 (2017).
[3] F. Matsui, T. Matsushita, et al., Sci, Rep., 6, 36258 (2016).
[4] T. Muro, T. Matsushita, et al., J. Synchrotron Rad., 28, 1669 (2021).
[5] T. Matsushita, et al., J. Phys. Soc. Jpn., 87, 061002 (2018).

標題：ポータブル超強磁場装置 PINK とシングルショット量子ビームを利用した超強磁場研究の新展開
日時：2022 年 3 月 31 日(木)　午後 12 時 15 分～午後 1 時 15 分
場所：Zoom 開催
講師：池田 暁彦
所属：電通大基盤理工
要旨：

1000 テスラ級の超強磁場におかれたスピン 1/2 のゼーマンエネルギーは温度換算で室温を遙かに超える。この超強磁場環境で物質の磁気モーメントを自在にコントロールすることにより、相互作用の強い系における非自明な物性を解明したり、物質の新規電子磁気状態を発現させたりすることができる。東大物性研では、破壊型磁場装置として最大 300 テスラ発生可能な一巻きコイル 2 台と、新型コンデンサーバンクによる電磁濃縮法装置を 2 台有し、世界でも突出した超強磁場研究施設といえる。近年、新型コンデンサーバンクをもちいて電磁濃縮法による世界最高 1200 テスラ発生に成功した[1]。さらに近年のユニークな研究展開として新測定手法開拓が進み、多様な独自手法による、電気抵抗、磁化、磁歪、超音波などのマクロ物性評価手段が利用可能となってきた。今後、これらの手法を用いた 100-1000 テスラの利用が拡大し、超強磁場科学が発展することが期待される（例として[2- 6]）。

一方で近年、様々なシングルショット量子ビーム実験が可能となった。これは、超強磁場にミクロプローブを持ち込むことが初めて可能となったことを意味する。しかし、従来の 100 テスラ装置は重厚長大で、新型量子ビームと組み合わせることは困難であった。そこで我々はポータブル超強磁場発生装置 PINK-01 を開発し、77 テスラ発生に成功した。さらに、これをX線自由電子レーザー施設SACLAに持ち込んで実験を行い、世界最高77テスラでのX線回折実験に成功し、

低温 78K での X 線回折実験にも成功した[7-9]。現在、より強磁場低温での実験を可能とし、対象物質を広げることを目指し、PINK-02 を理研と共同で開発中である。PINK は小型、ポータビリティ、総エネルギーが小さい、制御性が好い、など、従来の超強磁場装置にはない美点を多く持つ。X 線自由電子レーザーにとどまらず、テラヘルツシングルショットパルスなどの新規量子ビームと組み合わせた超強磁場研究の新展開を目指しており、その展望を議論したい。
本研究は、物性研松田康弘研、理研 SACLA ビームライン開発 G との共同研究である。PINK-01 は東電記念財団と科研費挑戦開拓のサポートを受けて開発された。PINK-02 は SACLA 基盤開発プログラムのサポートを受けて開発中である。

[1] D. Nakamura, A. I. et al., Rev. Sci. Instrum. 89, 095106 (2018).
[2] Y. H. Matsuda, A. I. et al. Nat. Commun. 11, 3591 (2020).
[3] D. Nakamura, A. I. et al., Phys. Rev. Lett. 127, 156601 (2021).
[4] A. Ikeda et al., Phys. Rev. Lett. 125, 177202 (2020).
[5] A. Ikeda et al., arXiv:2201.02704.
[6] A. Ikeda et al., Rev. Sci. Instrum. 88, 083906 (2017).
[7] A. Ikeda et al., arXiv:2202.05406.
[8] A. Ikeda et al., unpublished.
[9] A. Ikeda et al., unpublished.

標題：量子ハミルトニアン学習のサンプル複雑性
日時：2022 年 4 月 5 日(火)　午後 4 時～午後 5 時
場所：Zoom 開催
講師：桑原 知剛
所属：理化学研究所
要旨：

量子力学に従って相互作用する粒子系（量子多体系）の性質は、系のハミルトニアンによって完全に決定される。近年の実験的技術の発達に伴い、量子系のミクロな構造を観測することが可能になってきた。このような背景から量子系のハミルトニアンを観測データのみから推定する問題が、物質科学・量子機械学習・量子情報理論などの分野で理論と実験の両側面で大きな注目を浴びている。一方で、現状提案されているハミルトニアン学習のアルゴリズムはヒューリスティックなものがほとんどであり、精度保証は通常非常に困難な問題であった。本研究ではサンプル複雑性、すなわち「ハミルトニアンをある精度以上で学習するために十分なデータ数の数」、を解析した。より具体的には、ハミルトニアンと逆温度 β の量子ギブス分布を考えるこのとき、量子状態を N 回測定してデータを得たときに、そのデータからどの程度良い精度でハミルトニアンが推定できるかが問題となる。この問題については、古典系においては近年の研究で定性的なレベルで解決が得られている一方で、量子系ではギブス状態自体の推定に関しては様々な先行研究がある一方で、ハミルトニアンのサンプル複雑性は未解決であった。我々は、ハミルトニアン学習のサンプル複雑性問題を解決し、精度 ε の推定を達成するためのサンプル数に関して、十分条件と必要条件を明らかにして、定性的に Poly(n) (n: システムサイズ）のサンプル複雑性が最適であることを示した。本講演ではより詳細な研究背景や、サンプル複雑性を得る上で鍵となる性質（強い凸性）について説明する。

文献

[1] A. Anshu S. Arunachalam T. Kuwahara and M. Soleimanifar Nature Physics 17 931-935 (2021).
[2] V. Dunjko Nature Physics 17 880-881 (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 〉				
R4.4.1	岡本 佳比古	附属物質設計評価施設	教授	名古屋大学大学院工学研究科 准教授より
	井手上 敏也	凝縮系物性研究部門	准教授	東京大学大学院工学系研究科 助教より
	沼澤 宙朗	機能物性研究グループ	助教	機能物性研究グループ 特任助教より
	橋本 慧	附属中性子科学研究施設	特任助教	東京大学大学院新領域創成科学研究科 特任助教より
	本山 裕一	附属物質設計評価施設	技術専門職員	附属物質設計評価施設 特任研究員より
〈 再 雇 用 〉				
R4.4.1	澁谷 孝	附属極限コヒーレント光科学研究センター	一般技術職員	附属極限コヒーレント光科学研究センター 技術専門職員より
〈 兼 務 〉				
R4.4.1	藤堂 眞治	附属計算物質科学研究センター	教授	本務:東京大学大学院理学系研究科 期間:令和4年4月1日～令和5年3月31日
	川島 直輝	データ統合型材料物性研究部門	特任教授	本務:物性研究所附属物質設計評価施設 期間:令和4年4月1日～令和5年3月31日
	尾崎 泰助	データ統合型材料物性研究部門	特任教授	本務:物性研究所附属物質設計評価施設 期間:令和4年4月1日～令和5年3月31日
〈 委嘱「客員:テーマ限定型」〉				
R4.4.1	楠瀬 博明	物性理論研究部門	客員教授	本務:明治大学理工学部物理学科 教授 期間:令和4年4月1日～令和5年3月31日
	遠藤 仁	附属中性子科学研究施設	客員准教授	本務:高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 准教授 期間:令和4年4月1日～令和5年3月31日
〈 委嘱「客員:テーマ提案型」〉				
R4.4.1	多田 靖啓	量子物質研究グループ	客員准教授	本務:広島大学先進理工系科学研究科 准教授 期間:令和4年4月1日～令和5年3月31日
〈 退 職 〉				
R4.3.31	澁谷 孝	附属極限コヒーレント光科学研究センター	技術専門職員	附属極限コヒーレント光科学研究センター 一般技術職員へ
R4.4.30	平井 大悟郎	附属物質設計評価施設	助教	名古屋大学大学院工学研究科 准教授へ
〈 任 期 満 了 〉				
R4.3.31	中村 壮智	ナノスケール物性研究部門	助教	福岡工業大学 准教授へ
	阪野 塁	物性理論研究部門	助教	慶應義塾大学 特任講師へ
	樋口 祐次	附属物質設計評価施設	助教	九州大学情報基盤研究開発センター 准教授へ

【事 務 部】

発令日	氏 名	部門・施設名等	職 名	備 考

〈 転 出 〉

R4.4.1	矢口 隆紀	物性研究所	上席係長	本部学生相談支援課キャリアサポートチーム上席係長へ
	山口 武志	物性研究所総務係	係長	柏地区研究センター支援室事務室長へ
	三橋 舞	物性研究所共同利用係	一般職員	工学系・情報理工学系等学務課専攻チーム＜創成＞一般職員へ

〈 転 入 〉

R4.4.1	大木 幹夫	物性研究所	副事務長	柏地区研究センター支援室事務室長より
	小野 豊	物性研究所	副事務長	工学系・情報理工学系等総務課副課長より
	朝倉 良夫	物性研究所予算・決算係	主任	社会科学研究所総務チーム主任より
	佐々木 健夫（たけお）	物性研究所総務係	一般職員	本部総務課情報公開・個人情報チーム一般職員より
	櫻井 葉香（ようか）	物性研究所共同利用係	一般職員	新規採用
	山田 舞桜（まお）	物性研究所予算・決算係	一般職員	新規採用

〈 昇 任 〉

R4.4.1	大平 理美	物性研究所総務係	係長	物性研究所総務係主任より
	松尾 理穂	物性研究所総務係	主任	物性研究所総務係一般職員より

東京大学物性研究所特任研究員公募について

１．職名および人数
特任研究員　１名

２．所属
物性研究所機能物性研究グループ

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
物性理論分野：CREST「トポロジカル材料科学」領域
専門分野：物性理論を含む量子物理
「トポロジカル非線形光学の新展開」（代表；島野亮）に関連した広い意味での物性理論、統計力学、場の理論の研究。

５．応募資格
着任時点で博士の学位を有する者

６．契約時期
採用決定後なるべく早い時期

７．任期
年度毎の更新、最長 2025 年 3 月まで

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 6 月 3 日（金）必着

10．提出書類
○履歴書（東京大学統一履歴書（https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/about/jobs/r01.html）を用いること）
○研究業績の概要（A4 用紙 1－2 枚程度）
○研究業績一覧（特に重要な論文に○印を付けること）
○就任した場合の研究計画書（A4 用紙 2－3 枚程度）
○本人に関して意見を聞き得る方の氏名、所属、連絡先
○着任可能時期

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
「物性研究所機能物性研究グループ（特任研究員）応募書類在中」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「物性研究所機能物性研究グループ（特任研究員）」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
※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 機能物性研究グループ　教授　岡 隆史

Email：oka@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

月額 30～35 万円程度（年齢、経験年数等により異なる）

諸手当：賞与（年 2 回）、通勤手当（原則 55,000 円まで）のほか、本学の定めるところによる。

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。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。

○応募書類等は返却しませんので、了解の上、応募してください。また、履歴書は本応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 4 月 7 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

助教　１名

２．所属

物性研究所附属物質設計評価施設

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

本研究室では、ソフトマター・生物物理・流体の分野において数値計算を中心に理論的に研究している。本公募では、野口所員と協力して、上記の研究の発展に意欲的により組む研究者を希望する。物性研究所共同利用スーパーコンピュータの運用や計算物質科学研究センターの運営にも積極的に関与できる人材を求める。

５．応募資格

博士号または同等の資格を有する、または 2023 年 3 月までに修了見込の方

６．契約時期

採用決定後なるべく早い時期

７．任期

任期は 5 年とする。ただし、再任は可とし 1 回を限度とする。

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 6 月 30 日（木）必着

10．提出書類

（イ）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（3 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）

（ロ）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（3 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）

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

「物性研究所附属物質設計評価施設（野口研究室）教員応募書類在中」、又は「物性研究所附属物質設計評価施設（野口研究室）教員推薦書在中」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「物性研究所附属物質設計評価施設（野口研究室）教員応募」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

※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　准教授 野口博司

Email：noguchi@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

学歴・職務経験等を考慮して決定。昇給制度あり

諸手当：賞与（年 2 回）、通勤手当（原則 55,000 円まで）のほか、本学の定めるところによる。

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。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。

○応募書類等は返却しませんので、了解の上、応募してください。また、履歴書は本応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 4 月 5 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（女性限定）について

１．職名および人数

准教授または教授　若干名（女性限定）

２．所属

物性研究所（当公募により採用する教員は、その専門分野に応じて、物性研究所内のいずれかの研究部門・附属研究施設等に所属する）

３．就業場所

物性研究所（下記のいずれかの場所）

柏キャンパス（千葉県柏市柏の葉 5-1-5）

附属中性子科学研究施設（茨城県那珂郡東海村白方 106-1）

附属極限コヒーレント光科学研究センター 軌道放射物性研究施設 播磨分室（SPring-8 内）（兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1）

４．公募内容

広い意味での物性科学における実験的または理論的研究。新たな研究領域の開拓に意欲を持ち、物性研究所内外の研究者と積極的に連携する研究者を希望する。

５．応募資格

博士号または同等の資格を有する、または着任までに取得見込の方

６．契約時期

採用決定後なるべく早い時期

７．任期

満 56 歳に達する年度の初めに任期 5 年の任期制に入り、再任は 1 回を限度とする。なお、任期制の詳細については下記問い合わせ先に問い合わせること

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 7 月 15 日（金）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

「物性研究所所員（女性限定）応募書類在中」、又は「物性研究所所員（女性限定）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「物性研究所所員（女性限定）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 凝縮系物性研究部門　准教授　山下穣

e-mail: my@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

学歴・職務経験等を考慮して決定。昇給制度あり

諸手当：賞与（年 2 回）、通勤手当（原則 55,000 円まで）のほか、本学の定めるところによる。

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、本公募では「男女雇用機会均等法」第 8 条の規定（女性労働者に係る措置に関する特例）に則り、女性教員の割合が相当程度少ない現状を積極的に改善するための措置として、女性に限定した公募を実施します。

○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 4 月 6 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

准教授　１名

２．所属

物性研究所附属物質設計評価施設

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

量子ビームを用いた構造物性研究を積極的に展開し、物性科学の新しい潮流を生み出す意欲的な研究者を公募する。さらに附属物質設計評価施設Ｘ線測定室において装置の管理運営を行い、全国共同利用を推進するとともに所内利用者の支援を行う。また、物性研究所における放射線管理業務に従事する。

５．応募資格

博士号または同等の資格を有する、または着任までに取得見込の方

第１種放射線取扱主任者資格を有する、または着任までに取得見込の方

６．契約時期

採用決定後なるべく早い時期

７．任期

満 56 歳に達する年度の初めに任期 5 年の任期制に入り、再任は１回を限度とする。なお、任期制の詳細については下記問い合わせ先に問い合わせること

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８月 31 日（水）必着

10．提出書類

（イ）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）

（ロ）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）

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

「物性研究所附属物質設計評価施設教員応募書類在中」、又は「物性研究所附属物質設計評価施設教員推薦書在中」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

「物性研究所附属物質設計評価施設教員応募」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

※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　廣井善二

Email：hiroi@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

学歴・職務経験等を考慮して決定。昇給制度あり

諸手当：賞与（年 2 回）、通勤手当（原則 55,000 円まで）のほか、本学の定めるところによる。

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。

○2022 年 5 月 1 日以降、外為法等の定めにより、採用時点で、海外機関における兼業や、外国政府等からの多額の収入がある場合、研究上の技術の共有が制限され、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。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。

○お送りいただいた応募書類等は返却いたしませんので、ご了解の上お申込みください。また、履歴書は本応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 3 月 1 日

東京大学物性研究所長　　森　初果

編　集　後　記

2022 年度の第 1 号では 2 件の研究紹介と 8 件の受賞報告がありました。

研究紹介 1 つ目の大谷先生らの記事は、量子物質 Mn_3Sn におけるスピンホール効果に関するものです。スピンホール効果というのは電子が流れて曲がる時にスピン角運動量を得る、すなわちスピン偏極するというものです。曲がることが本質なので通常は曲がる方向と垂直方向にスピン角運動量が偏極します。しかし、Mn_3Sn は特徴的な磁気構造を有するため、驚くべきことに曲がる方向にもスピン偏極したことを実験的に確かめたという興味深い記事です。一方で 2 つ目の加藤先生らの記事は、前述のスピン角運動量を利用して物を回転させてしまおうという研究です。具体的には磁石からカーボンナノチューブにスピン偏極した電流を流すと、カーボンナノチューブが軸方向に回るであろうことを理論的に証明されています。どちらもスピンに関するものですが、毛色が異なり両方ともとても興味深い記事ですのでぜひご覧下さい。

8 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。

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