

物性研だより

BUSSEIKEN DAYORI

第62巻

第2号

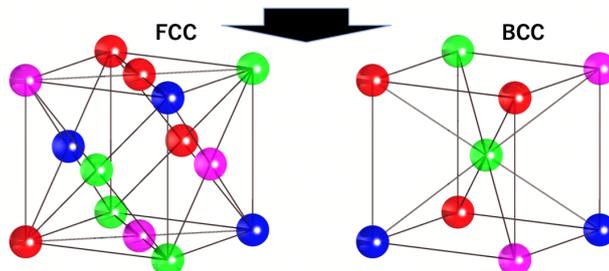
2022年度

偏極中性子散乱による空間反転対称性を持つ
磁気スキルミオン物質の磁気構造解析
—再稼働したJRR-3からの成果—

スーパーコンピュータ「富岳」による大規模物性データの自動創出
—不規則系磁性材料におけるビッグデータの実現へ—

伝導電子と局在スピン・軌道が織りなす悪魔の調律
～多極子の衣をまとった電子「多極子ポーラロン」を発見～

												13	14
												Al	Si
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge		
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn		
												15	
Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi		



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

contents

- 1 偏極中性子散乱による空間反転対称性を持つ磁気スキルミオン物質の磁気構造解析
—再稼働した JRR-3 からの成果—
中島 多朗

- 4 スーパーコンピュータ「富岳」による大規模物性データの自動創出
—不規則系磁性材料におけるビッグデータの実現へ—
福島 鉄也、赤井 久純、知京 豊裕、木野 日織

- 9 伝導電子と局在スピン・軌道が織りなす悪魔の調律
～多極子の衣をまとった電子「多極子ポーラロン」を発見～
新井 陽介、黒田 健太、近藤 猛

- 12 日本生物物理学会学生発表賞を受賞して
柴田 桂成

- 14 2022 年度日本表面真空学会 学会賞を受賞して
松田 巖

- 15 表面・界面スペクトロスコピー 2021 のスチューデントプライズを受賞して
川口 海周

- 16 ISSP 学術奨励賞を受賞して
酒井 明人

- 18 客員所員を経験して
林 智広

- 19 客員准教授を経験して
稲村 泰弘

- 【物性研究所短期研究会】
21 ○機能的走査プローブ顕微鏡の新展開
/ Frontier of scanning probe microscopy and related nano science

- 【ISSP ワークショップ】
25 ○高圧セミナー“最近の話題から”

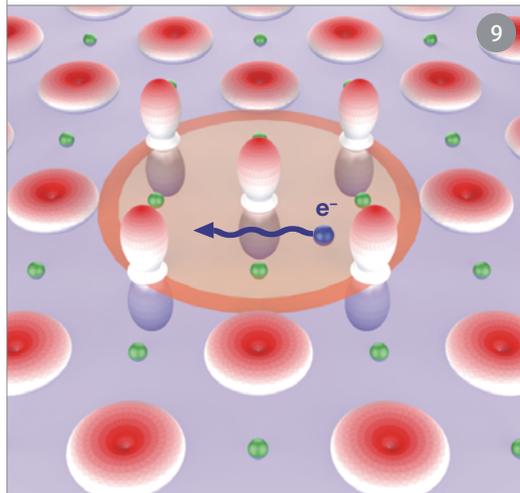
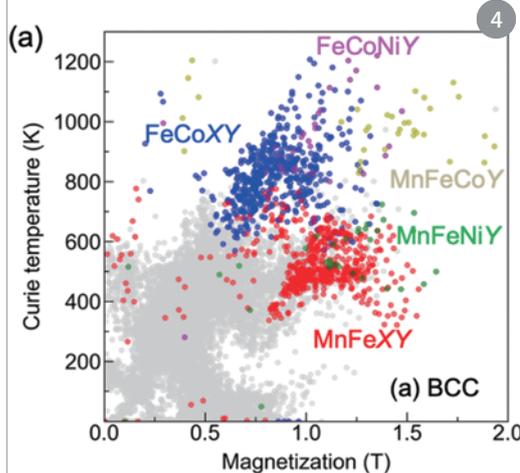
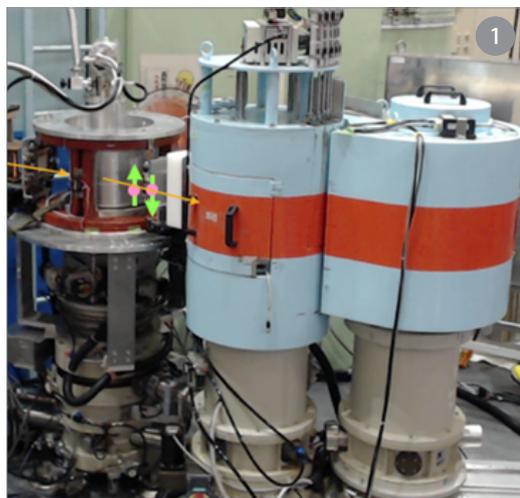
- 29 【物性研究所談話会】

- 30 【物性研究所セミナー】

- 【物性研ニュース】
36 ○東京大学物性研究所人事異動一覧
38 ○令和 3 年度外部資金の受入について
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



偏極中性子散乱による空間反転対称性を持つ磁気スキルミオン物質の磁気構造解析

—再稼働した JRR-3 からの成果—

物性研究所中性子科学研究施設 中島 多朗

2000 年代以降の固体物性の潮流の一つとして「スピン配列の空間反転対称性の破れによる創発物性」が挙げられます。代表的には 2003 年に報告されたペロブスカイト型 Mn 酸化物 TbMnO_3 のらせん型磁気構造が自発電気分極を誘起する現象、いわゆるスピン誘導型マルチフェロイックなどがよく知られています[1]。らせん型の磁気秩序には右巻き・左巻き(あるいは時計回り、反時計回り)の巻き方があり、両者は単なる平行移動では重なり合いません。よって結晶が空間反転対称性を持っていたとしても、磁気構造が右巻き、左巻きのどちらかを選ばざるを得ない状況では系の対称性が破れ、それが電気分極などのマクロな交差相関応答を生じさせる原因となります。このらせん型のような複雑な磁気構造を決定するには中性子散乱実験が非常に有効です。中性子は電荷を持ちませんがスピン 1/2 を持つ粒子であり、磁気秩序した物質に入射すると、物質中の磁気モーメントとの磁気双極子相互作用によって散乱され、その散乱パターンを解析することで磁気構造が決定できます。実際に 2000 年代のマルチフェロイック研究では中性子散乱は非常に大きな役割を果たしました。東海村にある日本原子力研究開発機構の研究用原子炉 JRR-3 には物性研が共同利用として運用する中性子散乱装置が多数設置されており、磁気構造研究に大活躍していました。しかし、2011 年の東日本大震災の後、新たな耐震基準を満たすための工事のために JRR-3 は長期の停止を余儀なくされました。一方物性研においては、らせん型磁気構造に付随する新現象が次々と発見され、特に 2009 年には複数のらせん型磁気変調の重ね合わせとして表される渦型の磁気構造である「磁気スキルミオン」が多くの注目を浴びるようになりました。この磁気スキルミオンに関する研究が盛り上がった 2010 年代に JRR-3 が停止していたのは日本の磁性研究コミュニティにとって大きな痛手だったと思います。しかし、日本の中性子研究者の多くは、物性研の海外旅費支援事業による国外中性子施設の活用や、当時徐々にビーム出力を上げてきた J-PARC のパルス中性子源などを活用することで成果をあげてきました。

2009 年に最初に報告された磁気スキルミオン物質は MnSi という金属磁性体でした[2]。この系は強磁性相互作用

を持ちながら、結晶構造がカイラリティを持つために、スピンを傾けて配列させるジャロシンスキー・守谷(DM)相互作用が働き、この二つの相互作用の競合で長周期のらせん磁気構造が生じます。前述のマルチフェロイック物質とは逆に、この系では元々結晶構造が空間反転対称性を破っているために、らせん磁気秩序が選ばれたと言えます。このらせん磁気秩序の状態において転移温度近傍でわずかに磁場をかけると、図 1 に示したような渦状の磁気構造が現れます。これが磁気スキルミオン格子と呼ばれる状態で、局所的にはらせん磁気構造のように隣接するスピンの角度をつけて配列していますが、全体としてみると、渦のような模様が三角格子を形成しています。ここで物質中のスピン配列を平均化して連続場として考えると、この渦の中心はトポロジカル欠陥とみなすことができ、その構造のトポロジーに起因する新奇な現象が数多く報告されてきました。(詳しくは参考文献 [3] などをご参照ください。) MnSi の研究が注目を浴びて以降、同様に「強磁性相互作用」と「DM 相互作用」を持つ物質が集中的に研究され、数多くの磁気スキルミオン物質が報告されてきました。もちろんこれらの物質も中性子散乱を用いて研究されてきたのですが、多くの場合において強磁性相互作用が DM 相互作用より非常に強く、磁気的な変調周期は長くなり、典型的には 10-100 nm 程度でした。中性子散乱実験に用いられる中性子の波長は 1 から 10 Å 程度ですから、相手にする周期構造が波長よりも非常に長くなると、小角散乱と呼ばれる手法で観測することになります。一方、

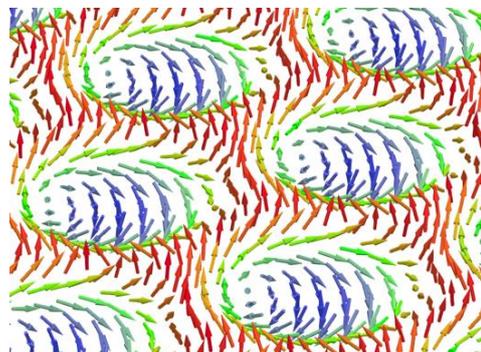


図 1: 磁気スキルミオン格子のイメージ図。矢印が各原子の磁気モーメントに対応する。

よく決定することができます。GM 冷凍機を使って 2 K までの範囲で測定を行ったところ、図 3 に示したような spin-flip, non-spin-flip 散乱の温度変化が得られました。詳細は割愛しますが、この結果は 15 K 以下に 4 つの磁気相が存在しており、その中にはこれまで報告されてきたスキルミオン格子とは異なる、新たな磁気渦構造も含まれていることを示しています。高木さんらはこの結果をすぐにまとめて投稿していただき、3 月には Nature Communications 誌に掲載されました[8]。詳しい内容についてはぜひ本論文をご参照ください。この結果は再稼働した JRR-3 において、我々の PONTA 分光器としては最初の成果となり、近年注目を集めるトピックの研究にタイムリーに貢献できたことを非常に嬉しく思っています。

2022 年度も 5 月から JRR-3 の共同利用が始まりますが、ありがたいことに今年度も数多くの一般課題の申請を頂きました。磁気スキルミオンだけでなく、非共面的磁気構造とともに巨大なホール効果を示す反強磁性体など魅力的なトピックが数多くあります。今後も分光器の性能をさらに向上させながら、これらの現象の解明に貢献していきたいと考えています。また、震災の前と比較しての大きな違いは、同じ東海村の原子力研究開発機構内に J-PARC が存在しており、パルス中性子と原子炉中性子の相補利用が可能になっているという点です。国内に 2 種類の大型中性子源があるというのは極めて恵まれた状況ですから、これを活用して相乗効果をもたらすような研究の展開を考えていきたいと思えます。

参考文献：

- [1] T. Kimura *et al.*, Nature **426**, 55 (2003).
- [2] Muhlbauer *et al.*, Science **323**, 915 (2009).
- [3] N. Nagaosa and Y. Tokura, Nat. Nanotech. **8**, 899 (2013).
- [4] X. Z. Yu *et al.*, Nature **465**, 901 (2010).
- [5] T. Kurumaji *et al.*, Science **365**, 914 (2019).
- [6] M. Hirschberger *et al.*, Nat. Commun. **10**, 5831 (2019).
- [7] N. D. Khanh *et al.*, Nat. Nanotech. **15**, 444 (2020).
- [8] R. Takagi *et al.*, Nat. Commun. **13**, 1472 (2022).



加している「富岳」成果創出加速プログラム(大規模計算とデータ駆動手法による高性能永久磁石の開発)では、このような要請に応えるため、基盤的シミュレーション手法の開発、そして不規則系磁性材料を対象とした大規模物性データベースの構築を通じ、高性能磁性材料の開発を目指している。

物性研究所は長年にわたって、国産の第一原理計算コード「AkaiKKR」の開発を行ってきた。「AkaiKKR」は全電子計算手法の一つである Korringa-Kohn-Rosotker(KKR)グリーン関数法に基づいた電子状態計算ソフトウェアである。最大の特徴はコヒーレントポテンシャル近似(CPA)と組み合わせることにより、スーパーセル法を用いることなく不規則系の電子状態を高精度かつ高速度に計算可能な点である。CPA はシングルサイト近似の一種であり完全ランダムな配置を仮定するが、非局所CPA など短距離秩序を記述する手法も存在する。また、Kohn-Sham 方程式に対応する1電子グリーン関数が直接求まるため、線型応答理論との整合性がよく多様な物理量を計算できる。Force theorem に立脚した Liechtenstein 公式を用いると磁氣的相互作用及び強磁性転移温度、Kubo-Greenwood の公式と組み合わせることにより電気抵抗率の定量的評価が可能である。さらに、全電子計算であるため擬ポテンシャルを必要とせず、transferability の問題を気にせず自動網羅計算を実行できる。

図 1(左)は、今回のターゲットとなる材料空間を表している。金属元素を中心に 38 元素の中から 4 元素を選び FCC、BCC 構造を有する 4 元高エントロピー合金を構築する(合計約 15 万個)。図では MnFePdW が例として示さ

れている。この材料空間に対して全自動網羅計算を実行し、磁化、強磁性転移温度、電気抵抗率のマテリアルデータを蓄積する。計算の収束性制御などは全自動であり、「富岳」と「AkaiKKR」を利用することで1週間以内に15万個から成る材料空間を探索し尽くすことが可能である。図 1(右)は全自動網羅計算によって得られたデータ(BCC 構造のみ)を、各物理量を軸に取った 3 次元散布図で示したものであり、各点が一つの系に対応している。磁気特性が良い材料(FeCoXY、FeCoNiX、MnFeXY、MnFeCoX、MnFeNiX: X、Y は非磁性元素)は色分けされており、特にオレンジ色で囲まれている領域は、高磁化・高強磁性転移温度・高電気抵抗率を有する新規軟磁性材料の候補物質を示している。

頻出パターンマイニングを用いた4元磁性高エントロピー合金の特徴量解析

データ科学手法を構築したマテリアルデータベースに適用することで、物性支配因子に関する知識を獲得することができる。今回は、磁化と強磁性転移温度の磁気特性に着目し、これらの特徴づける量を抽出するため、頻出パターンマイニングを用いて区画特徴特定を行った。頻出パターンマイニングは大量のデータから頻出する特徴、規則性、パターンを抽出する機械学習の手法である。この手法の有名な例として「ビールとおむつ」というものがある。国外のあるスーパーマーケットがバスケットデータ(トランザクションデータ)をマイニングしたところ、「ビールとおむつ」を同時に購入する男性客が多いことが判明した。そこで、「ビールとおむつ」を近くに陳列すると売り上げが向上し

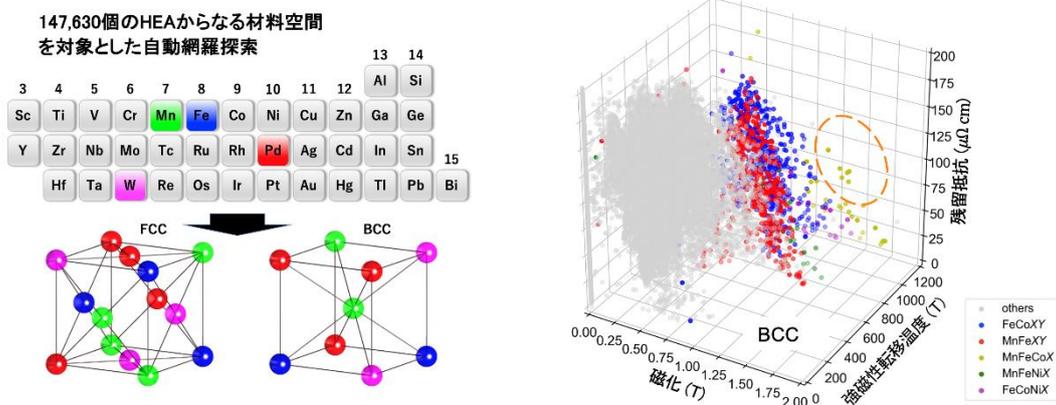


図 1: (左)面心立方格子(FCC)と体心立方格子(BCC)を有する 4 元高エントロピー合金(HEA)から成る材料空間(合計 147,630 個)。例として Mn、Fe、Pd、W が記されている。(右)「富岳」と「AkaiKKR」による自動網羅計算の結果(BCC の場合のみ)。各軸は磁化、強磁性転移温度、残留抵抗に対応する。オレンジ色の領域は高性能軟磁性材料として有望な系である。

D1、E1 からわかるように、early transition metal のスピン配列は late transition metal と反平行になる。これは、電子状態の観点から、次のように理解できる。例えば、Cr と Fe 原子を含む高エントロピー合金を考えると、Fe 原子に比べて小さい原子番号を有する Cr 原子は、相対的に斥力的なポテンシャルを感じ、その 3d 仮想束縛状態はフェルミ準位直上に押し上げられる。その結果、Cr 原子と Fe 原子の 3d 状態と逆向きにスピン分裂することになる。

電気抵抗率の回帰と法則性の発見

線型応答の範囲内であれば、密度汎関数理論から得られる基底状態の情報から、励起状態特性である電気伝導率を計算することができる。完全周期系なら、絶対零度において電気伝導率は発散する。有限温度では、フォノンやマグノン励起が散乱過程に影響を与え完全周期系であっても電気伝導率は発散しない。不規則系の場合は、不純物ポテンシャル散乱に影響により、絶対零度であっても有限の電気伝導率、すなわち残留抵抗率を得ることができる。先人の方々の研究のおかげで、電子論に基づいた磁性の理解は、かなり進んできている。例えば、計算で得られた状態密度を精査することにより、支配的な磁性発現機構(例えば、二重交換相互作用、p-d 交換相互作用、超交換相互作用等)と磁気構造を推測することが可能になっている。しかし、電気伝導となるとそう簡単ではない。自由電子系であればフェルミ準位での状態密度の大きさから電気伝導率を議論

できそうだが、磁性合金ともなると、不純物ポテンシャル散乱やスピン散乱等の複雑な散乱過程を考慮する必要がある。実際、我々が創出した約 15 万個の 4 元高エントロピー合金の電気抵抗率を対象に、全状態密度と部分状態密度を説明変数とし回帰モデルの構築を試みたが、説明力が高い回帰モデルを得ることはできなかった。

今回、我々は元素の基礎物理量(原子質量や電子数等)と周期表の特徴量(周期と族)に着目し、4 つの構成元素に対する最大値、最小値、平均、標準偏差を説明変数(合計 40 個)として、電気抵抗率の回帰を実施した。その結果、説明変数の 3 次までを考慮した線形回帰では決定係数(R^2)が 0.840、ランダムフォレスト回帰では 0.964、k 近傍回帰では 0.941 と説明力の高い回帰モデルを構築できた。次に permutation importance を使用することで、得られた回帰モデルのホワイトボックス化を行った。permutation importance は、ある説明変数をランダムに置換した際の予測能力の変化から、説明変数の重要度を判定する手法である。この手法により、4 元高エントロピー合金の電気抵抗率においては、周期表の族の平均と標準偏差が重要な説明変数であることが判明した。ホワイトボックス化された回帰モデルが導いた電気抵抗率の法則性が図 3 にまとめられている。図 3 は 4 元高エントロピー合金($xyzw$)において、 xyz を図中の元素に固定し w を変化させた時の、電気抵抗率の大きさを青丸の大きさで示している。青丸の大きさは全パネルで同じスケールである。図から直ちにわ

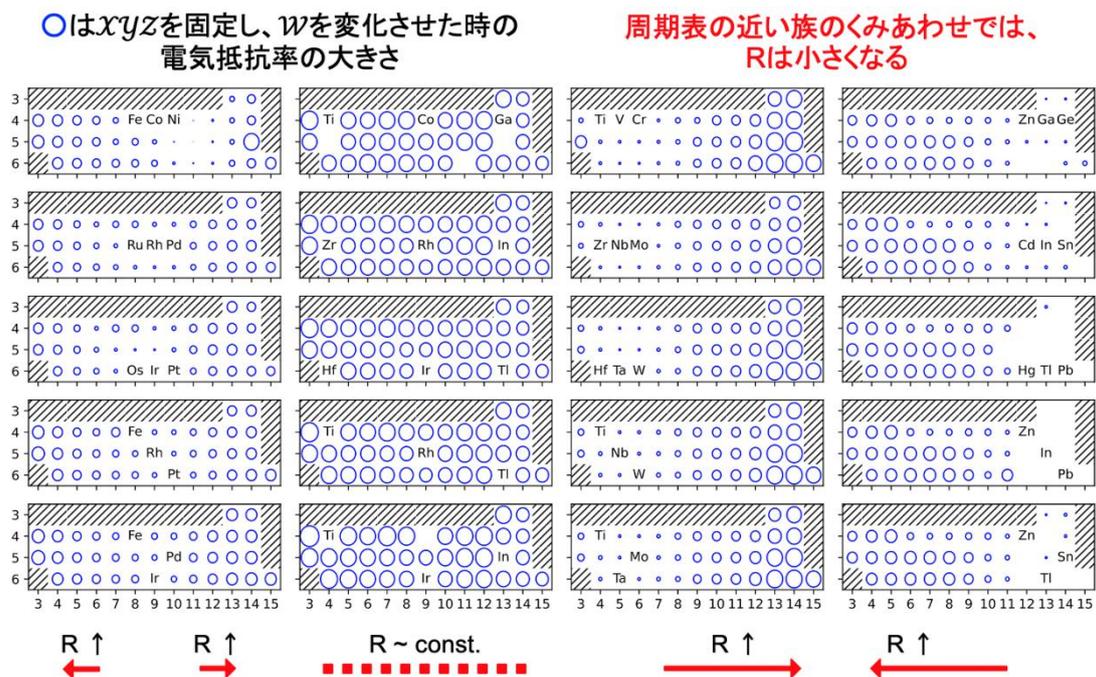


図 3 : 4 元ハイエントロピー合金($xyzw$)における電気抵抗率。青丸の大きさは電気抵抗率の大きさを表しており、全パネルで同じスケールである。

かるのは、周期表で近い族の組み合わせによる系では電気抵抗率が小さく、離れた族で構成される系では電気抵抗率が大きくなるということである。今回得られた電気抵抗率の法則性はランダムな合金であれば満たされる可能性は高いため、磁性材料や抵抗材料等の探索に非常に有用であると考えられる。

今後の展望

本研究は、「富岳」の計算能力と国産ソフトウェアがあつてこそなし得たものであり、マテリアル DX において基盤となる大規模物性データベースを構築したモデルケースである。本研究で開発したソフトウェアや自動網羅計算ツールは、4 元高エントロピー合金だけでなく、永久磁石材料やスピントロニクス材料等へ適用することができる。そのため、データ駆動により新たな知識や法則性を見つげ出すことが可能になると同時に、多様な材料の開発が大幅に短縮されることが期待される。

謝辞

本研究は、文部科学省「富岳」成果創出加速プログラム「大規模計算とデータ駆動手法による高性能永久磁石の開発」(JPMXP 1020200307)の一環として実施されたものである。また、本研究の一部は、スーパーコンピュータ「富岳」の計算資源の提供を受け、実施した(課題番号 hp210179)。上記に加え、日本学術振興会の科学研究費(課題番号 18K04926、20K05068、21H01375)、科学技術振興機構の CREST(課題番号 JPMJCR1777、JPMJCR18I2)と未来社会創造事業(課題番号 JPMJMI18G5、JPMJMI21G2)の支援を受けて行われた。

参考文献

1. <https://nomad-coe.eu>.
2. J. E. Saal, S. Kirklin, M. Aykol, B. Meredig, and C. Wolverton, *JOM* **65**, 1501 (2013).
3. S. Curtarolo, W. Setyawan, G. L. Hart, M. Jahnatek, R. V. Chepulskii, R. H. Taylor, S. Wang, J. Xue, K. Yang, O. Levy, M. J. Mehl, H. T. Stokes, D. O. Demchenko, and D. Morgan, *Comput. Mater. Sci* **58**, 218 (2012).
4. A. Jain, S. P. Ong, G. Hautier, W. Chen, W. D. Richards, S. Dacek, S. Cholia, D. Gunter, D. Skinner, G. Ceder, and K. A. Persson, *APL Materials* **1**, 011002 (2013).

5. <http://kkr.issp.u-tokyo.ac.jp>
6. T. Fukushima, H. Akai, T. Chikyow, and H. Kino, *Phys. Rev. Materials* **6**, 023802 (2022).
7. <http://research.nii.ac.jp/~uno/codes.htm>

伝導電子と局在スピン・軌道が織りなす悪魔の調律 ～多極子の衣をまとった電子「多極子ポーラロン」を発見～

物性研究所極限コヒーレント光科学研究センター 新井 陽介、黒田 健太*、近藤 猛
*現所属：広島大学大学院先進理工系科学研究科

概要：

現代のテクノロジーを支える機能物性の多様性は、秩序形成を伴った相転移現象の上に成り立っている。例えば、結晶を形成する原子配列は凝固という相転移で現れ、我々の生活を支える磁性もスピンを綺麗に配列させる磁気相転移として現れる。こうした秩序からのズレに対する復元力として定義される素励起(ボゾン)は、伝導電子と電子ボゾン結合を通して協奏的にやり取りし、このとき形成される準粒子が系のマクロ物性に大きな変化をもたらす。実際に、こうした準粒子の代表例であるポーラロン(電子-フォノン結合)や磁気ポーラロン(電子-マグノン結合)は、超伝導[1]や巨大磁気抵抗[2]といった強相関現象を引き起こす要因の一つとなっている。このような理由から、準粒子を特徴付ける相互作用を理解して制御することが物質科学で最も重要な要素の1つと考えられている。しかしながら、これまで長い歴史をもつ物質科学の分野において実験で観測されてきた準粒子を形成する相互作用はわずか3種類(電子-フォノン結合[3]、電子-マグノン結合[4]、電子-プラズモン結合[5])に限られていた。

本研究で我々は、レーザーARPESとレーザーラマン分光を組み合わせることで、少数キャリア半金属 CeSb の「悪魔の階段」と呼ばれる特異な磁気相転移現象において「多極子ポーラロン」という新しい準粒子が実現していることを解明した[6]。この準粒子状態は、局在 4f 電子による結晶場励起に由来したボゾンと伝導電子との電子ボゾン結合によって形成される。さらに、「悪魔の階段」における準粒子の温度変化を追跡する実験を行った結果、多極子ポーラロンが磁気配列の変調に合わせながら電子ボゾン結合の強さを自在に変化させていることを明らかにした。

実験結果：

CeSb の「悪魔の階段」[7, 8]では、Ce の局在 4f 結晶場による磁気モーメントが異常なまでに長周期の反強磁性構造を組み、その配列が温度・磁場・圧力といった外部パラメータによって逐次的に変化する(図 1)。この「悪魔の階段」では輸送特性の変化[9]や半金属的な電子バンド構造[10]の

劇的な再構成[11]が観測されるなど、磁気相転移に伴って伝導電子の振る舞いが大きく変化することが知られており、局在 4f 結晶場と伝導電子の間に強い相互作用が示唆されていた。

我々がこうした相互作用に注目し、多極子ポーラロンという新しい準粒子を解明するに至った大事な成果は、角度分解光電子分光(ARPES)によるキंक構造の観測である。キंक構造とは電子ボゾン結合に伴って伝導電子のバンド分散に現れる折れ曲がりのことであり、ボゾンとの相互作用を通して伝導電子の有効質量が大きくなったことに対応する。つまり、電子状態のキंक構造を観測することにより、電子が電子ボゾン結合によって準粒子を形成していることがわかる。本研究では、東大物性研で開発されたレーザーARPES装置を利用して CeSb の電子状態を詳細に調べることにより、このキंक構造を見出した。

図 2b-2e に最低温相(AF 相)で測定した CeSb の ARPES 結果を示す。図 2b, 2c は Γ 点付近(図 2a の黄平面)で測定したフェルミ面マッピングの結果と $k_y = 0$ の運動量カット(図 2a, 2b の白矢印)で測定した ARPES バンド分散である。フェルミ準位近傍のより詳細な電子状態を調べるため、図 2c の破線枠で示すエネルギー・運動量範囲を図 2d に拡大した。バンド分散が大きく折れ曲がっており、電子ボゾン結合に伴うキंक構造が現れていることが見て取れる。この ARPES 画像に対して各エネルギーにおける光電子強度分布のピーク位置を追跡したところ(図 2e)、キंक構

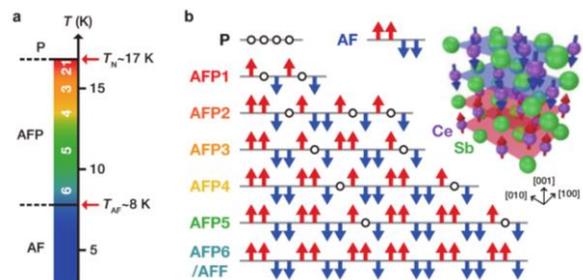


図 1：CeSb の「悪魔の階段」における磁気構造。
(a) 無磁場下における「悪魔の階段」の磁気相図。
(b) 各相における磁気構造の概略図。右上の挿入図は AF 相における磁気配列のイメージ。

造はフェルミ準位以下 ~ 7 meV のエネルギー位置に現れていることが明らかになった。このエネルギーが伝導電子と相互作用するボゾンのエネルギーに対応する。したがって、CeSb の伝導電子が ~ 7 meV のエネルギーを持つボゾンと電子ボゾン結合することにより、準粒子を形成していることが明らかになった。

この電子ボゾン結合を理解するには ~ 7 meV のエネルギーを持つボゾンの正体を明らかにすることが必要となる。しかしながら、 ~ 7 meV というエネルギーは、CeSb の場合、光学フォノン[4]のようなこれまでに電子ボゾン結合が見出されている素励起のエネルギーと対応しないため、ボゾンの正体として他の素励起を検討する必要がある。そこで、我々は局在 $4f$ 結晶場と伝導電子との相互作用に注目し、 ~ 7 meV のエネルギーを持つボゾンが局在 $4f$ 結晶場励起に由来した素励起であることを示すために、レーザーラマン分光を行なって CeSb の $4f$ 結晶場準位を決定した。

図 2g, 2h にレーザーラマン分光測定の結果を示す。実験では CeSb に加えて、参照物質として LaSb のラマンスペクトルも測定した。LaSb は CeSb から $4f$ 電子を取り除いた物質であるため、両物質のラマンスペクトルを比較することで $4f$ 結晶場励起について考察することができる。実際に比較してみると、CeSb にのみ 2 つのピーク構造が現れており、 $4f$ 結晶場励起による素励起が観測されてい

ることがわかる。この結果から決定した CeSb の「悪魔の階段」における $4f$ 結晶場スキームを図 2f に示す。ここで $\Gamma_{80} \leftrightarrow \Gamma_{8^*}$ の結晶場励起に注目すると、この素励起は ~ 6 meV のエネルギーを持っており、我々の探していた ~ 7 meV のボゾンとエネルギーが良く一致する。このことから、 ~ 7 meV のエネルギーを持つボゾンは $\Gamma_{80} \leftrightarrow \Gamma_{8^*}$ の結晶場励起であり、このボゾンが伝導電子と相互作用した新しい種類の準粒子が CeSb の「悪魔の階段」で形成されていることが明らかとなった。

この準粒子は、伝導電子が $\Gamma_{80} \leftrightarrow \Gamma_{8^*}$ 結晶場励起との相互作用を通して、周囲の $4f$ 結晶場を励起しながら結晶中を伝播する姿(図 2i)として理解できる。 $\Gamma_{80} \leftrightarrow \Gamma_{8^*}$ 結晶場励起は $\Delta J_z = 2$ であり、局在 $4f$ 電子のスピンと軌道が結合した多極子の自由度を持つことから、我々はこの新しい準粒子を「多極子ポーラロン」と命名した。

最後に我々は、この多極子ポーラロンが「悪魔の階段」の中でどのような振る舞いを示すのか、その温度依存性をレーザーARPESで測定した(図3)。図3aに、この測定の結果を示す。 ~ 7 meVのキンク構造はAF相だけでなく、より高温のAFP相でも現れており、多極子ポーラロンが「悪魔の階段」全体で形成されていることが確認された。しかしその一方で、キンク構造の折れ曲がり具合が温度と共に変化していることがわかった。この折れ曲がり具合は電子ボゾン結合の強さ、つまり、伝導電子がどれほど強く

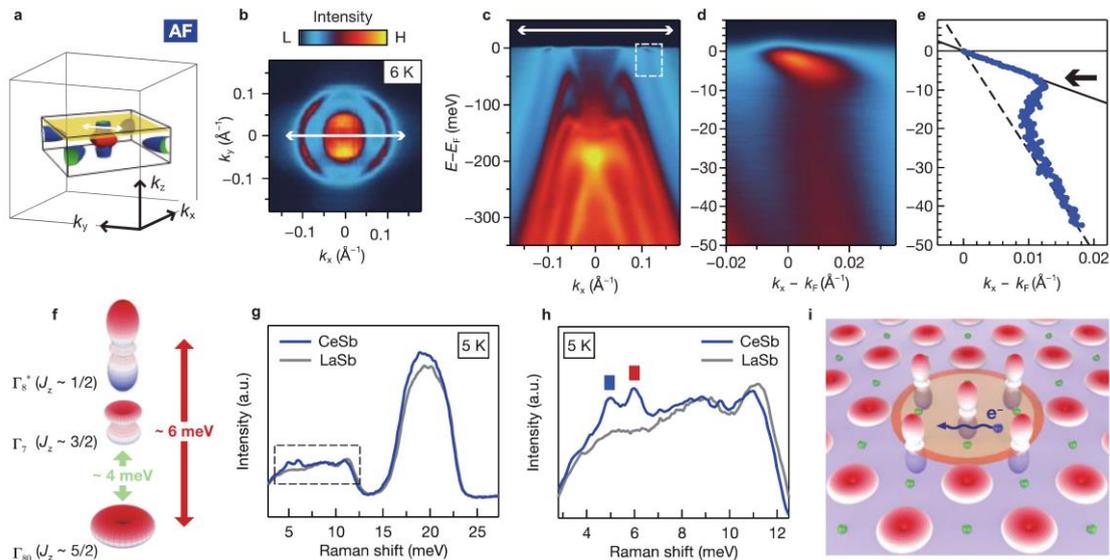


図 2 : CeSb のレーザーARPES、レーザーラマン分光の結果と「多極子ポーラロン」。(a) CeSb の AF 相におけるフェルミ面の理論計算とブリルアンゾーン。(b) Γ 点付近((a)の黄平面)のフェルミ面マッピング結果。(c, d) $k_y = 0$ ((a, b) の白矢印)の運動量カットで測定した ARPES バンド分散とその拡大図(破線枠)。(e) (d) のバンド分散を追跡したピークプロット。(f) レーザーラマン分光により決定された CeSb の「悪魔の階段」の $4f$ 結晶場スキーム。(g, h) CeSb と LaSb のラマンスペクトルとその拡大図(破線枠)。(i) 多極子ポーラロンのイメージ。

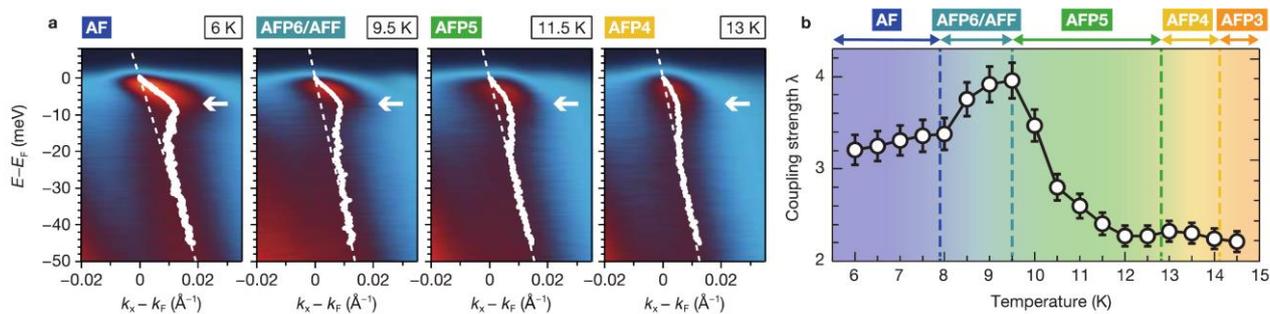


図 3: 「悪魔の階段」における多極子ポーラロン。(a) レーザーARPES で観測したキंक構造の温度依存性。(b) キंक構造の折れ曲がり具合から解析した電子ボゾン結合の強さの温度依存性。

ボゾンと相互作用しているかを表す。したがって、この結果から、多極子ポーラロンを形成する電子ボゾン結合の強さが「悪魔の階段」の中で温度と共に変化していることが明らかになった。

各温度でのキंक構造の折れ曲がり具合から定量的に解析した電子ボゾン結合の強さを、図3bに示す。電子ボゾン結合の強さは、AF相 \leftrightarrow AFP6/AFF相やAFP6/AFF相 \leftrightarrow AFP5相といった「悪魔の階段」の磁気相転移と共にステップ状態に変化していることがわかる。この結果から、CeSbの多極子ポーラロンは「悪魔の階段」で生じる各磁気配列周期の変調に敏感に反応しており、その中で伝導電子と $\Gamma_{80} \leftrightarrow \Gamma_8^*$ 結晶場励起によるボゾンとの電子ボゾン結合の強さを自在に変化させていることが明らかになった。

まとめと今後の展望：

本研究により、CeSbの「悪魔の階段」では、伝導電子と局在4f 結晶場励起が電子ボゾン結合することで「多極子ポーラロン」という新しい準粒子が形成されていることが解明された。さらに、この電子ボゾン結合は「悪魔の階段」の秩序配列に敏感に反応し、相互作用の強さを自在に変化させていることも明らかになった。この結果は、温度・圧力・磁場などの条件でCeSbの長周期磁気配列を制御することにより、電気輸送特性を劇的に変化させることが可能であることを示している。このような機構を今後さらに研究することで、スピトロニクスデバイスへ向けた磁性材料設計の新たな展開が期待される。

謝辞：

本研究は東京大学工学系研究科の有田亮太郎教授・野本拓也助教、大阪大学大学院理学系研究科の田島節子名誉教授・宮坂茂樹准教授、東京大学特別教授室の辛埴特別教授、東京大学物性研究所の鈴木博之高度学術専門職員・徳永将

史教授・木下雄斗特任助教、茨城大学フロンティア応用原子力科学研究センターの岩佐和晃教授、日本原子力開発機構先端基礎研究センターの芳賀芳範研究主幹らとの共同研究として行われました。この場をお借りして御礼申し上げます。

参考文献：

- [1] D. Reznik *et al.*, Nature **440**, 1170 (2006).
- [2] J. M. D. Teresa *et al.*, Nature **386**, 256 (1997).
- [3] T. Valla *et al.*, Phys. Rev. Lett. **83**, 2085 (1999).
- [4] J. Schafer *et al.*, Phys. Rev. Lett. **92**, 097205 (2004).
- [5] A. Bostwick *et al.*, Science **328**, 999 (2010).
- [6] Y. Arai *et al.*, Nature Mater. **21**, 410 (2022)
- [7] P. Bak, Phys. Today **39**, 38 (1986).
- [8] J. Rossat-Mignod *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. **52**, 111 (1985).
- [9] L. Ye *et al.*, Phys. Rev. B **97**, 081108 (2018).
- [10] K. Kuroda *et al.*, Phys. Rev. Lett., **120**, 086402 (2018).
- [11] K. Kuroda *et al.*, Nat. Commun. **11**, 2888 (2020).

日本生物物理学会学生発表賞を受賞して

元 機能物性研究グループ秋山研究室(現 日立製作所) 柴田 桂成

この度、2021年11月に開催された第59回日本生物物理学会にて、学生発表賞を受賞致しました。受賞対象となった発表は”Structural dynamics of the Retinal Chromophore in the Photo-Intermediate State of Channelrhodopsin C1C2”です。この賞は、生物物理学分野において卓越した研究を行い、日本生物物理学会年會において特に優れた口頭発表を行った学生に授与されます。このような賞を頂くことができ、大変光榮です。以下、研究内容についてご紹介いたします。

本研究では、少量の試料かつ短時間で、高い信号対ノイズ比のスペクトルを取得できる時間分解共鳴ラマン分光測定系を新たに開発し、代表的なチャンネルロドプシンであるC1C2のチャンネル開状態におけるレチナールの構造を明らかにしました。また、レチナールの構造情報や過渡吸収分光・電気生理測定の結果に基づき、C1C2のチャンネル開閉機構やイオン輸送経路の位置、そしてチャンネルが閉じる速さの決定機構を世界で初めて明らかにしました。

チャンネルロドプシンは光応答する膜タンパク質の一種で、図1に示すように、細胞膜を貫通する7本の α ヘリックスとビタミンAの誘導体であるレチナールという色素から構成されます¹。レチナールが可視光を吸収するとチャンネルロドプシン全体の構造が変化し、細胞膜を貫くイオンの輸送経路が形成されることで、チャンネルロドプシンはナトリウムイオンなどを輸送するイオンチャンネルとして機能します。そのためチャンネルロドプシンは、神経細胞の活動を光で操作する光遺伝学(オプトジェネティクス)の中心的なツールとして幅広く利用されています²。そして、イオン輸送量をはじめとしたチャンネルロドプシンのイオン輸送特性をさらに改良できれば、より広範囲にわたる脳神経細胞の活動制御が可能となり、脳神経科学や医学の更なる発展が期待されています。

改良型チャンネルロドプシンの開発には、イオン輸送経路がどのように形成されるのか、というチャンネル開閉機構の解明が不可欠です。そしてチャンネル開閉機構の解明には、チャンネル開閉に重要な役割を果たすと予測されている、開状態におけるレチナールの構造を明らかにする必要があります^{3,4}。しかし、レチナールの構造測定には長い測定時

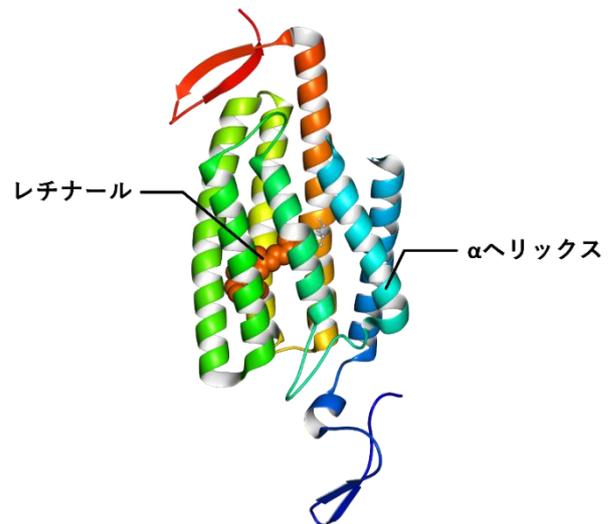


図4 : C1C2の構造(PDB:3UG9)¹

間と大量の試料を要します。チャンネルロドプシンは不安定であるため短時間で試料が壊れてしまうこと、また試料の大量作製が困難であることから、チャンネルロドプシンの開状態におけるレチナールの構造は、これまで報告されていませんでした。

そこで本研究では、少量の試料かつ短時間で、高い信号対ノイズ比のスペクトルを取得できる時間分解共鳴ラマン分光測定系を新たに開発しました。そして開発した測定系を用い、C1C2の開状態におけるレチナールの構造を測定したところ、開状態ではレチナールが高度にねじれていることがわかりました。加えて、得られたレチナールの構造情報と過渡吸収分光・電気生理測定の結果とを比較することで、

1. チャンネルはレチナールがねじれることによって開き、ねじれが緩和することによって閉じること
2. イオン輸送経路がレチナールを通過するように形成されること
3. チャンネルが閉じる速さは、タンパク質内のプロトン移動速度によって決定されること

を、世界で初めて明らかにしました(図2参照)。

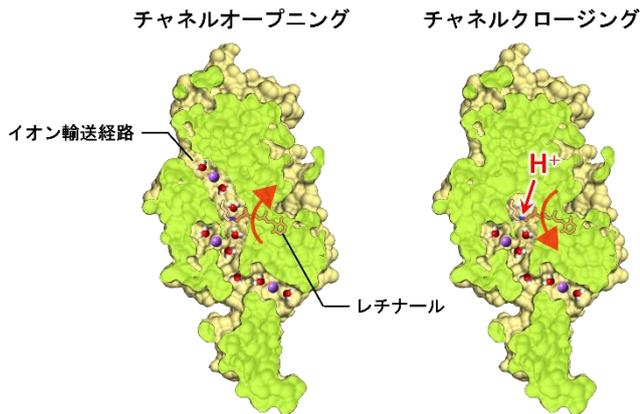


図2：CIC2におけるレチナールの構造変化とゲーティング機構
 チャンネルはレチナールがねじれることによって開き、ねじれが緩和することによって閉じる。

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

本研究を行うにあたり、東京大学物性研究所の秋山英文先生や井上圭一先生、同理学系研究科の濡木理先生をはじめ、多くの方々よりご支援・ご助言をいただきました。この場をお借りして、本研究にご協力頂いた全ての方々へ心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Kato, Hideaki E., et al. "Crystal structure of the channelrhodopsin light-gated cation channel." *Nature* 482.7385 (2012): 369-374.
- [2] Deisseroth, Karl. "Optogenetics." *Nat. methods* 8.1 (2011): 26-29.
- [3] Cheng, Cheng, et al. "An atomistic model of a precursor state of light-induced channel opening of channelrhodopsin." *Biophys. J.* 115.7 (2018): 1281-1291.
- [4] Oda, Kazumasa, et al. "Time-resolved serial femtosecond crystallography reveals early structural changes in channelrhodopsin." *Elife* 10 (2021): e62389.



表面・界面スペクトロスコープ2021 のスチューデントプライズを受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター
近藤研究室 博士課程3年 川口 海周
(現 同研究室特任研究員)

この度、2021年12月10-11日にオンライン開催された表面・界面スペクトロスコープ2021のスチューデントプライズを受賞する栄誉に恵まれました。本賞は、表面・界面スペクトロスコープで口頭発表された中から、表面・界面における分光研究の発展に貢献しうる優秀な講演会論文を発表した者に授与されます。以下、研究内容に関して簡単にご紹介させていただきます。

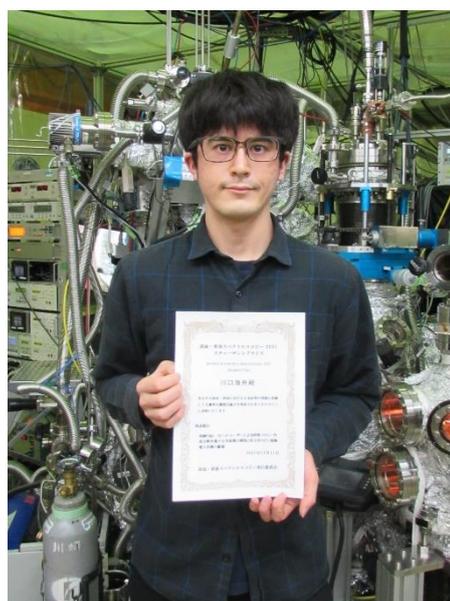
時間・スピン・角度分解光電子分光(Tr-SARPES)は、スピン分解ARPESをさらに発展させ、時間分解測定までも可能とする実験技術です。スピン分解ARPESは固体の占有電子状態における基本的な量子数であるエネルギー・運動量・スピンすべてを明らかにする強力な実験手法であり、近年では特にトポジカル物質を対象にそのバンド構造に付随したスピン偏極電子状態の決定に大きく貢献してきました。一方、時間分解ARPESはポンプ・プローブ法によって光励起後の電子・フォノン系の熱緩和や非線形効果をバンド構造からミクロスコピックに観測する手法であり、レーザー光源の発展と共に成長著しい実験技術です。スピン分解かつ時間分解測定を可能とするTr-SARPESが実現すれば、エネルギー・運動量空間における超高速なキャリア・スピンドYNAMIKSの光学応答が観測可能となり、トポジカル物質やスピン・バレー物質、磁性体などにおける新たな光スピントロニクスへの発展が期待されます。

本研究では、東京大学物性研究所で開発を進めてきた高分解能スピン分解ARPES装置 [1] を基盤として、レーザー開発に取り組む物性研究所小林研究室と協力しながら、高強度(1 mW)・高繰り返し(1 MHz)を特徴とする10.7 eV超短パルスレーザー [2] のビームライン建設を経てTr-SARPES装置を完成させました。スピン分解測定と時間分解測定は共に測定効率が悪いため、それら2つの技術を併せもつTr-SARPESを実現するためには高繰り返しレーザーが必要となり、ブリルアンゾーン全体の固体内電子構造を測定するためには高い光子エネルギーが求められます。それらを克服する光源活用およびレーザー強度を安

定させるビームラインの建設が本研究を成功させる上での鍵となりました。さらに、開発した装置を用いてトポジカル絶縁体 Sb_2Te_3 を対象にTr-SARPES測定を行い、非占有状態におけるヘリカルなスピン偏極バンド構造の直接観測に世界で初めて成功しました。今後は、スピン軌道に由来する物質系や磁性体のスピンドYNAMIKSについて、バンド描像に基づいた視点から研究が進展していくことを期待しております。

本研究は、日頃よりご指導いただいております近藤猛准教授、黒田健太元助教(現在、広島大学准教授)、そして共同研究いただいております小林洋平教授、谷峻太郎助教、また本研究に関わったすべての皆様なくして実現しませんでした。この場をお借りして、改めて感謝申し上げます。今回の受賞を励みに、今後もより一層研究に邁進していきたいと思っております。

- [1] K. Yaji *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **87**, 053111 (2016).
- [2] Z. Zhao *et al.*, Opt. Exp. **25**, 13517 (2017).





客員所員を経験して

東京工業大学 物質理工学院 材料系 林 智広

2021 年度に原田慈久教授に受入教員となって頂き、1 年間客員所員として参加させて頂きました。原田先生との共同研究のテーマは、界面の水分子の電子状態の解析です。界面水分子の振る舞いの解析は、固体表面の濡れ、水の結露、摩擦、接着、腐食、汚れの付着および洗浄など身の回りの様々な現象の理解に繋がります。この機会を活用させて頂き、Spring-8 のシンクロトロン放射光を用いた X 線発光分光を用いて、モデル有機物表面として原子レベルで表面構造が制御されている自己組織化単分子膜(self-assembled monolayers: SAMs)近傍の水分子の電子状態を解析致しました。まとまったビームタイムを共同利用で利用させて頂いたお陰で、物理化学的特性の異なる SAMs の界面水分子の電子状態を網羅的かつ系統的に解析することができました。水の X 線発光解析の経験は無かったのですが、原田先生、スタッフの方々の丁寧な解説・助言のお陰で論文発表にたどり着くだけの成果を挙げることが出来ました。また、X 線発光分光で得られた結果を、私の研究室で行っている表面間力測定、界面選択的振動分光測定などの結果と組み合わせることにより、より詳細に界面の水分子の水素結合状態に関する描像を得ることが出来ました。

さらに、この研究を通じて、松田巖先生、原田先生がお持ちの国際的な研究者ネットワークのお陰で、国際共同研究に参画するチャンスも頂きました。物性研が世界的な研究ハブとしての働きもしている、と感じた瞬間でした。

最後は研究とは離れてしまいますが、Spring-8 で学生と何日も一緒に作業していると、まさに「寝食を共にする」状態となり、ビームタイムの間に色々な話をする良い機会となりました。また、最近少なくなっていた自ら手を動かして何日も実験するという生活を通じて、新しい実験のアイデアを得ることが出来ました。

また、今回の客員所員の機会を通じて、原田先生との共同研究の成果だけでなく、様々な研究者との出会い(オンラインも多かったのですが…)、今後の研究のアイデアを頂く機会になった事は大きな財産になりました。今後とも共同研究などを通じて交流させて頂けると幸甚に存じます。

客員准教授を経験して

日本原子力研究開発機構・J-PARC センター 稲村 泰弘

2021 年度の 1 年間、物性研究所にて客員准教授として採用いただきました。中島多朗准教授にお声がけいただきこの機会を頂けたこと、大変感謝しております。また小濱芳允准教授をはじめとする関係者の皆様にもお礼申し上げます。

中島多朗准教授と活動させていただくのは、今を遡ること 5 年ほど前の J-PARC の物質・生命科学実験施設 (MLF) の中性子散乱実験装置にて、准教授の課題実験における相談を受けたところから始まります。

MLF におけるこれまでの私の仕事のひとつとして、多くの中性子散乱装置で使用されるデータ収集系システムとそのデータ処理のソフトウェア開発があります[1-3]。MLF は核破砕型中性子発生源を持ち、25 Hz で様々な波長の中性子が同時に発生しますが、これらの様々な異なる波長(エネルギー)をもつ中性子は試料に照射・散乱されて検出器にて検知されます。中性子発生から検知されるまでの時間は中性子の波長によって異なりますので、それを利用して散乱中性子の波長を分別します(Time-of-flight, TOF 手法)。このデータ収集システムとして MLF ではイベント記録型のデータ収集方式が採用されています。これは測定試料にて散乱された中性子が、「いつ」「どこの」検出器で検出されたかを逐次記録しておくものであり、特に空間的のみならず時間軸に対しての分割に優れた手法となります。記録される時間情報は「中性子発生時刻情報(絶対時刻情報)」と「中性子発生後検出器で検知されるまでの差分時間(TOF)」であり、前者は経過時間に対するデータ分割に、後者は散乱中性子の波長(もしくはエネルギー)の分別に使用されます。また検出器も試料からの中性子を広い範囲で検知するために多数並べられていますので、先の時間情報も含め MLF にて測定される中性子の測定データは従来の施設の装置に比べかなり大きくなります。しかしながら、これまでの散乱中性子の情報(検出器位置や波長から計算される運動量遷移やエネルギー遷移)に絶対時間軸が加わることにより、大きなアドバンテージ、例えば試料に加えられた磁場・電場・圧力などに対する応答反応をより厳密に取り出すことを可能とする利点があります。

私は MLF 稼働初期からデータ収集システムから出力されるデータに対し、上記に示したような圧倒的な利点を活かした測定やデータ処理ができるように、コードやソフトウェアなどの開発を進めてきました。特に世界最高水準の強度を持つ中性子源から生み出される大強度の中性子を用いることで、より精密な測定に加えて多様な条件での高効率な測定の実現も期待されています。例えば短時間で変動する外場(磁場、電場、温度等)に対する試料の応答反応の観測では、一度の変化では十分な統計精度を得られないため何度も同じ測定を繰り返す必要があります。しかし自在な時間分割の手法の実現により、1つの測定中に連続的に外場変化を繰り返すだけで統計精度の高い多彩な状態のデータを個別に取り出すことが可能となります。このようなストロボスコピック測定と呼ばれる先進的測定手法も MLF にて実現してきました[4]。

最初に中島准教授が提案された測定は、このストロボスコピック手法の活用をより進めていきたいと考えていたタイミングであり、まさに渡りに船、大変興味をそそられ興奮したのを記憶しています。中島氏の MLF の線源及び中性子測定手法の深くて確かな理解をベースとした提案で、急加熱急冷により発現するカイラル磁性体における準安定な磁気スキルミオン相の状態を時系列に追跡する測定するものでした。10 秒に一度繰り返されるパルス電流により発生する 1.2 秒という短時間の急加熱急冷の温度変化の途中で起きている試料内部の構造変化を追うというものです。この測定提案に対し、加熱急冷に使用されるパルス電流のトリガー信号を中性子散乱データと同期させてデータ収集システムに組み込み、そのデータを正しく処理するためのシステムの提案と処理コードの開発を行いました。結果、実験は非常な成功を収めてインパクトのある成果となり[5]、私にとっても長らく抱いてきた測定手法を実現できたこと、それが良い成果につながったことが大変嬉しかったことを記憶しています。

この強烈な成功体験のもと、更なる提案が持ち込まれたのが、物性研の小濱准教授らによって開発が精力的に進め

られているフラットトップ・ロングパルス磁場発生装置を活用した測定でした。これまで中性子で使用されていたパルス型強磁場は非常に短時間であり、25Hz で発生する中性子の波長分布に対し非常に狭い波長領域での測定しか行えず、非効率なものでした。この場合、広い波長空間の観測を行うためには何度も条件を変えて測定を繰り返す必要がありますが、今回のフラットトップ・ロングパルス磁場装置が MLF の中性子実験で使用できれば一度に広い範囲の測定が可能となり、限られた測定時間の中でこれまで実施できなかった測定が行えるようになります。

この測定の実現には、物性研側のメンバーと MLF 側のメンバーとの緊密な連携が必要で、私も一年間客員准教授としてポジションをいただき、積極的にプロジェクトに参加させていただきました。

コロナ禍の続く中、残念ながら柏キャンパスに赴くこともなくメンバーとはメールとネットワーク会議のみではありましたが、2022 年初頭の測定実施日に向けてプロジェクトを推進し、私自身も本手法の確立を目指し装置側の準備と測定データ処理コードの高度化を行いました。基本的な装置構成とデータ処理は前回のシステムと類似していますが、特に今回の手法では中性子発生タイミングと磁場発生タイミングが前回に比べよりシビアとなり、データ処理もさらに厳密性が求められるために、処理機能の検証には時間がかかりました。同時に汎用化に向けたシステムの簡略化も進めています。またデータ処理に加え、結果を即座に確認するための可視化も求められていたので、その開発も行い、実験当日を迎えました。一方、物性研より MLF に持ち込まれたフラットロングパルス磁場発生装置をビームライン装置(BL)で運用するための準備には、JAEA 渡辺氏と BL 担当 CROSS 大石氏に多大な貢献をいただきました。



実験当日は MLF 側メンバーに物性研から中島、小濱両准教授とその研究室の方々が集まり、コロナ禍がまだまだ続く中、密を避けるようお互い気をつけながらも多数のメンバーと一緒に作業するという、今となっては珍しい光景が広がりました。これらのメンバーを一手にまとめ上げられた中島准教授の手腕に改めて敬服した瞬間でもあります。この測定自体も実験にはつきもののトラブルにいくつも見舞われながら、結果、成功裡に終わることができたと考えています。

今回のプロジェクトにより私自身得られたものとしては、MLF のデータ収集システムの特徴を十二分に生かした測定手法と高い汎用性を持つデータ処理を高度に連携させることで、これまでになかった成果が生み出せることを確信できました。同時に MLF は共同利用施設であり、ユーザーのアイデア一つで大きく飛翔することが本当に可能なのだと実感した機会でもありました。今後もこの手法をより広く認知させ、多くのユーザーの求めるサイエンスに貢献できるよう活動したいと考えています。

最後に、この客員准教授に着任するという機会をいただいたこと、また繰り返しになりますが中島准教授をはじめとする関係者の方々へ深く御礼申し上げます。

- [1] Y. Inamura, et al, JAEA-Testing 2016-001, J-PARC 16-02 (DOI:10.11484/jaea-testing-2016-001).
- [2] Y. Inamura, et al, J. Phys. Soc. Jpn., **82**, SA031, 2013.
- [3] <https://mlfinfo.jp/groups/comp/ja/utsusemi.html>
- [4] T. Kawasaki, Y. Inamura, et al, J. Appl. Cyst. **51**, 630-634, 2018.
- [5] T. Nakajima, Y. Inamura, et al, Phys. Rev. B **98**, 014424, 2018.

物性研究所短期研究会

機能的走査プローブ顕微鏡の新展開/ Frontier of scanning probe microscopy and related nano science

文責：ナノスケール物性研究部門 長谷川研究室 助教 土師将裕

日時：2022年3月30日 13:30 ~ 2022年3月31日 17:30

会場：オンライン

世話人：土師将裕（物性研究所）、安東秀（北陸先端科学技術大学院大学）、岡田佳憲（沖縄科学技術大学院大学）、金有洙（理化学研究所）、杉本宜昭（東京大学）、長谷川幸雄（物性研究所）、花栗哲郎（理化学研究所）、吉田靖雄（金沢大学）
共催：日本表面真空学会走査プローブ顕微鏡研究部会

URL: <https://hasegawa.issp.u-tokyo.ac.jp/workshop2022>

走査プローブ顕微鏡とは、鋭くとがった探針を試料表面に近づけ、探針試料間に働く相互作用（代表的なものは、探針試料間に流れるトンネル電流・探針試料間に働くファンデルワールス力や化学結合力などの力）を検出する測定手法の総称であり、その探針を精密に水平方向に動かすことで、空間的にその相互作用をマッピングすることができる。本手法は、ここ三十年で多大な発展を遂げているが、その最大の魅力は高い空間分解能であり、多くの場合は0.1nm以下の原子分解能が実現可能である。また、真空中・溶液中・低温下・磁場下など、測定環境を選ばないことも大きな利点の一つである。

このような利点から、走査プローブ顕微鏡は様々な分野のナノ計測手法の主力を担っている。表面科学分野では、例として、超高真空中での測定により清浄な表面解析手法に用いられている。物理分野では、極低温中や強磁場中における局所電子状態の測定に用いられ、化学分野では、単分子の振動分光や局所的な反応解析に用いられる。生物分野では、溶液中での細胞の解析を行うことも可能である。さらに近年のトレンドとしては、GHz帯やTHz帯の光と組み合わせることによって今までには検出できなかった物性測定への取り組みがなされている。

これらに示したのはほんの一例であり、研究対象は非常に多岐にわたっている。このような状況のため、走査プローブ顕微鏡を測定手法として用いている研究者が、分野を超えて一堂に会して議論をする場は少ない。そのため、物性研究所として短期研究会を開催して議論を深めることは非常に有意義である。当初は対面による開催を目指していたが、近年の情勢から、対面での開催は時期尚早であると判断しやむなくオンラインでの開催とした。

一方、オンライン開催の大きなメリットは、参加者が移動する必要がなく気軽に参加できる点にある。時間さえ合

えば海外からの参加も可能である。そこで、オンライン開催の利点を最大限に享受すべく、一部海外からの招待講演を依頼した。本研究会では、参加者の深い理解と活発な議論を行うことを目的とするため、日本人による講演は原則日本語による講演とし、海外からの講演は英語講演とした。

プログラムの詳細は下記の通りである。口頭講演は全て招待講演とし、十分な講演時間を取った。物性測定手法として走査プローブ顕微鏡を用いた研究成果についての講演では、薄膜や人工超格子によって発現する新規物性現象の研究や単分子のスピンや振動解析に関する研究に関連する講演が行われた。溶液中測定によって生体細胞のナノ測定が実現された研究の講演も行われた。他の手法との組み合わせ測定に関連して、SQUIDとの組み合わせによって熱測定を行った研究や、GHz帯の光や電場との組み合わせによってナノスケールでの誘電率やスピンに関する研究結果、THz帯の光との組み合わせによって光誘起力や熱、単分子振動分光を行った研究結果について講演を頂いた。ポスター講演は16件の応募があり、そのうち10件は学生による講演であった。学生賞審査を行い、大阪大学の三坂氏が受賞した。

本研究会を通して、走査プローブ顕微鏡は様々な分野の強力な微細測定手法であり、今後もより発展していくであろうことが確認された。本研究会の注目度は非常に高く、参加登録数は157名、同時接続数も常時60名以上で最多で89名であった。最後になったが、本研究会にて講演を頂いた招待講演者の方々、ご聴講していただいたの方々、開会の挨拶をいただいた森所長、開催にご尽力いただいた世話人の先生方に感謝申し上げます。



図1：学生賞受賞者である阪大・三坂氏

18:10-20:30 poster session/ポスター講演

March 31, 2022 (Thu.)

Session 3 (English) 座長：安東 秀（北陸先端大マテリアルサイエンス系）

9:00-9:40 Jiaqi Zhang (Japan Advanced Institute of Science and Technology, Japan)

「atomic scale mechanics studied by in-situ transmission electron microscopy with a quartz length-extension resonator」

9:45-10:25 Soohyon Phark (Institute for basic science, Korea)

「Atomic Scale Electron Spin Resonance: towards Electron Spin Qubits on a Surface」

Session 4 (Japanese/日本語) 座長：土師 将裕（東大物性研）

10:50-11:30 貝沼 雄太（北陸先端大）

「走査ダイヤモンド NV 中心プローブの開発と磁気イメージング」

11:35-12:15 熊谷 崇（分子研）

「原子スケールの極微分光」

Session 5 (Japanese/日本語) 座長：杉本 宜昭（東大新領域）

13:30-14:10 福間 剛士（金沢大）

「AFM による 3 次元自己組織化構造の内部観察」

14:15-14:55 岡林 則夫（金沢大）

「外場による単一分子の構造変化とエネルギー散逸」

15:00-15:40 越田 裕之（東京大）

「金属表面における NO の吸着状態と磁性」

Session 6 (Japanese/日本語) 座長：土師 将裕（東大物性研）

16:00-16:40 家永 紘一郎（東工大）

「単層近藤格子 CePt₂/Pt(111)の成長と電子状態」

16:45-17:25 浅場 智也（京都大）

「チューリング不安定性による原子スケールワイヤおよびジャンクションの作製」

17:30- Closing

ポスター講演

PS-S1 佐藤 優大（東京大）

「半導体基板上に形成された原子層金属薄膜の超伝導絶縁体転移におけるステップの影響」

PS-S2 Wan-Hsin Chen (National Yang Ming Chiao Tung University)

「Unconventional superconductivity in plumbene-based surface alloy」

PS-S3 横田 健太（北海道大, NIMS) /Kenta Yokota (Hokkaido Univ., NIMS)

「有機分子蒸着による Si(111)-(√7×√3)-In 超伝導転移温度の変化」

PS-S4 Pratyay Amrit (National Yang Ming Chiao Tung University)

「Vibrational Spectra of FePc molecule deposited on Au(111) using STM-IETS at 77K」



- PS-S5 Wen Si (Tokyo Institute of Technology)
「Substrate-induced Broken C4 Symmetry and Gap Variation in Superconducting Monolayer FeSe/SrTiO₃ – $\sqrt{13} \times \sqrt{13}$ 」
- PS-S6 賀東 春人 (東理大)
「The effects of shear stress by AFM tip on the elastic modulus of endothelial cells」
- PS-S7 金庚民 (大阪大)
「ステップテラス構造を有する TiO₂ 基板上 VO₂ 薄膜の金属–絶縁体相転移における結晶方位依存性」
- PS-S8 三坂 朝基 (大阪大) /Tomoki Misaka(Osaka Univ.)
「金微粒子/TiO₂ 界面におけるプラズモン誘起電荷分離の EFM, KPFM 測定」
- PS-S9 野田 かさね (北陸先端大) /Kasane Noda(JAIST)
「液中で動作する走査ダイヤモンド NV 中心プローブ顕微鏡の開発」
- PS-S10 劉 佳明 (北陸先端大)
「水晶振動子を組み込んだ TEM 法による金ナノコンタクト臨界せん断応力の計測」
- PS-1 Christopher J. Butler (RIKEN CEMS)
「STM observation of electronic nematicity within Landau levels at the ZrSiS surface」
- PS-2 成塚 政裕 (理研)
「スピン軌道相互作用によって磁場制御された Sr₃Ru₂O₇ におけるネマティシティ」
- PS-3 浜田 雅之 (東京大)
「走査トンネルポテンショメトリーによる表面電気伝導評価」
- PS-4 吉澤 俊介 (物材機構)
「Domain structure of charge density wave in 2H-NbSe₂ revealed by scanning tunneling microscopy」
- PS-5 町田 理 (理研)
「Zeeman effects on Yu-Shiba-Rusinov states 」
- PS-6 林都隆 (北陸先端大)
「磁気イメージングのための斜入射型共焦点 走査ダイヤモンド NV 中心プローブの開発」

ISSP ワークショップ

高圧セミナー “最近の話題から”

日 程：2022 年 3 月 5 日(土) 10:50 - 18:25

場 所：東京大学物性研究所オンライン(ZOOM)開催

提案者：物性研究所物質設計評価施設：上床 美也・廣井 善二

日本大学文理学部：高橋 博樹

名古屋大学大学院工学研究科：長谷川 正

高圧力は物性研究において極めて重要な基礎物理パラメータであり、物性の制御から物質合成まで幅広く活用され、近年、多くの分野で導入され益々重要性が増している。特に最近発見された高圧下で実現する水素化物超伝導では、その転移温度が室温にまで届こうとしている事実や圧力で誘起される新奇量子現象の出現は、高圧力が重要な物理現象を実現出来るツールのひとつである事を示す一例である。この様な状況を踏まえ、様々な研究分野における高圧力をキーワードとした実験的研究に注目し、最近の高圧下物性研究の現状を概観するとともに今後の研究展望を議論することを目的として、ISSP ワークショップを開催した。

ワークショップは、10 時 50 分に廣井所員の“はじめに”の挨拶で始まり、高圧合成、装置開発、超伝導、分子物質および臨界現象の各セッションにおいて 14 名(女性 2 名)の講師による講演が行われた。最後に森所長の“所長挨拶”および高橋教授の“終わりに”の挨拶で締めくくられ、予定を少し過ぎた 18 時 30 分に終了した。

高圧合成セッションでは、マルチアンビル型、ベルト型およびダイヤモンドアンビル圧力装置を用いた物質開発の最近のトピックスおよび常圧回収された新物質の物性が紹介された。各講演では蒸気圧の高い物質を含む化合物や高圧下のみでしか合成されない物質の合成技術開発のみならずそれらの特異な各種新奇物性が議論された。装置開発セッションでは、物性研究所で開発されてきた圧力装置とその研究成果および共同利用の現状、物材研究機構で新しく開発されたダイヤモンドアンビルと微細加工を組み合わせた高圧下での物性測定技術の開発状況とその成果、さらに NMR や磁化測定が 10GPa 程度の圧力下で可能となっている現状とその成果が紹介された。より高い圧力下で様々な物性測定が常圧下と同等の精度で行われる現状について多くの議論がなされた。超伝導セッションでは、最近話題となっている水素化物圧力誘起超伝導のこれまでの研究成果と現状についての紹介、梯子型鉄系圧力誘起超伝導、

励起子絶縁体候補物質の圧力誘起超伝導現象の研究成果が紹介され、各物質の超伝導状態の起源について議論された。また、最近話題となっているトポロジカル超伝導物質として注目されている層状化合物 PdTe₂ の圧力効果の研究成果が紹介されトポロジーを反映した超伝導状態の特異性について議論がなされた。分子物質セッションでは、古くから研究されている氷について、今なお高圧環境下における新しい構造の発見がなされている現状および最近の研究成果が紹介され、そのメカニズムについて議論された。臨界現象セッションでは、幾何学的フラストレーションを持つ物質系における圧力誘起量体化現象および Eu 化合物の圧力誘起価数転移について最近の研究成果とそれぞれの特徴が紹介されるとともに各臨界現象についての議論がなされた。

本ワークショップは Zoom によるオンライン開催となった。183 名(女性 22 名、39 歳以下 77 名)の方々事前に事前参加登録いただいた。内 40 歳未満が全体の 4 割となり、若手に注目されたワークショップであったことが改めて認識された。講演は常に 100 名を超える方が聴講されている状態で行われ、それぞれ講演ではいづれも活発な意見交換がなされた。多くの研究者(学生)に高圧力下での物性研究に高い関心が持たれている現状を感じる事が出来た。

プログラムと各講演の概要および講演終了後の Zoom 集合写真を示すので参照いただきたい。本ワークショップを通して、高圧力を物理パラメータとした各種物性研究の将来性とその発展性が強く感じられた。

最後に、本ワークショップの開催にあたって多大なご協力を頂いた秘書の菱沼様、長崎様に感謝いたします。

「プログラム」

10:50-11:00	はじめに：廣井 善二（物性研究所）	
高圧合成（座長：廣井 善二（物性研究所））		
11:00-11:25	関根 ちひろ（室蘭工業大学）	「高圧合成法による機能性材料開発」
	高圧合成法は S, P, As など蒸気圧の高い元素と遷移金属などを密封空間で組成比を変えずに反応させることができ、イオンの圧縮率の違いを用いて、1 気圧では合成できない試料の合成も可能な強力な試料合成技術である。講演では光学材料、熱電変換材料などの機能性材料への応用を目指した希土類金属プニクタイト、希土類硫化物の高圧合成の現状について紹介する。	
11:25-11:50	宮川 仁（物質材料研究機構）	「ベルト型高圧装置を用いた新規タングステン複酸化物の合成」
	圧力・温度・組成をパラメータに物質探索を行い見出した結晶と、その高温での電気伝導度などについて発表する。	
11:50-12:15	丹羽 健（名古屋大学）	「超高圧下における新規無機化合物の創製と物質科学」
	超伝導水素化物の研究からも明らかなように、最近の超高圧物質科学の進展は目覚ましい。こうした超高圧実験技術を用いれば、さらなる新物質の創製と機能開拓が期待される。本講演ではダイヤモンドアンビルセルとレーザー加熱を組み合わせた手法により超高圧合成された、新規な無機化合物の研究成果について紹介する。	
12:15-13:00（昼休憩）		
装置開発（座長：長谷川 正（名古屋大学））		
13:00-13:25	上床 美也（物性研究所）	「圧力誘起相転移現象と装置開発」
	これまで、圧力で誘起される相転移で出現する量子臨界現象の研究を行ってきた。希釈冷凍機を用いた物性測定をより高圧下で行う為、クランプタイプのマルチアンビル圧力発生装置を開発し、最近、20 GPa 超える領域での測定が可能となりつつある。これまでの装置開発状況とその研究成果について紹介する。	
13:25-13:50	松本 凌（物質材料研究機構）	「高温高圧合成およびその場物性測定機能を持つ DAC の開発」
	ホウ素ドーパダイヤモンド薄膜から成る電極、ヒーターおよび温度計をダイヤモンドアンビル上に微細加工することで、高温高圧合成およびその場物性測定機能を持つ DAC を開発したため、この装置の紹介および測定例について発表する。	
13:50-14:15	北川 健太郎（東京大学）	「10GPa 前後までの精密なマクロとマイクロ(NMR)磁気測定」
	高圧力はクリーンな物性制御手段であるため、強相関電子系の磁性と超伝導の競合・共存、スピン液体等の量子磁性を探索するには理想的であるが、それに必要な常磁性レベルの精密磁性測定手段は概ね数 GPa に限られてきた。我々が近年開発した NMR・磁化測定技術とその実験例を紹介し、当該分野の発展性を議論したい。	
14:15-14:25 休憩		
超伝導（座長：高橋 博樹（日本大学））		
14:25-14:50	榮永 茉利（大阪大学）	「高圧下で実現する水素化合物の高温超伝導」

	近年、超高压下で 200 K を超える超伝導転移温度 T_c を示す水素化合物が発見された。最近では、より高い T_c やより低い圧力での超伝導の発見を目指した研究が進められている。本講演ではこれまでの高压下の水素化合物の研究について紹介する。	
14:50-15:15	青山 拓也 (東北大学)	「梯子型鉄系化合物における圧力誘起超伝導」
	はしご型鉄系化合物の基底状態は、擬一次元的な結晶構造に起因した強い電子相関効果によって反強磁性絶縁体となる。なかでも $BaFe_2S_3$ および $BaFe_2Se_3$ は圧力誘起超伝導性を示すことから、多軌道強相関電子系における超伝導性を研究する格好の舞台である。講演では $BaFe_2(S_{1-x}Se_x)_3$ における圧力誘起超伝導に関する最近の研究を紹介する。	
15:15-15:40	大村 彩子 (新潟大学)	「層状 Pd 系超伝導体における圧力効果」
	層状化合物 $PdTe_2$ は常圧で超伝導 ($T_c \sim 1.7$ K) を示し、且つトポロジカルに保護された表面状態を有する物質として知られている。圧力下では、 T_c は 1 GPa 付近で極大を示した後に減少する。本発表では、この振舞いについて輸送特性と格子の体積変化をもとに考察した結果を紹介する。	
15:40-15:50 休憩		
15:50-16:15	松林 和幸 (電気通信大学)	「層状構造を有するナローギャップ半導体における圧力誘起超伝導」
	本講演では層状構造を有するナローギャップ半導体である BiS_2 系超伝導体の類縁化合物 $LaOPbBiS_3$ や励起子絶縁体の候補物質である Ta_2NiSe_5 における圧力誘起超伝導に関する研究成果について紹介する。	
分子物質 (座長: 長谷川 正 (名古屋大学))		
16:15-16:40	小松 一生 (東京大学)	「高压中性子回折実験から見る氷 VII, VIII, X 相の構造とダイナミクス」
	氷には少なくとも 20 種類もの多形が存在することが知られている。この構造多様性の要因として、水素結合ネットワークの柔軟性と水分子の配向による秩序-無秩序相転移の存在の 2 つを挙げることができる。温度・圧力に敏感に変化する水素結合・水分子配向の様子をとらえるために、近年、発表者らは、通称「Mito system」と呼ばれている低温高压中性子回折実験装置をはじめ、高压その場中性子回折実験のための様々な技術開発を行ってきた。これらの装置群を用いて、広い温度圧力で安定な氷 VII, VIII 相について高压中性子回折実験を行うことにより、これまで知られていなかった新奇な構造とダイナミクスを見出した。また、60 GPa 以上で安定に存在し、水素結合が対称化しているとされている氷 X 相について、世界で初めて中性子回折実験による結晶構造解析を行った。本発表では、これら氷 VII, VIII, X 相についての最新の結果を報告したい。	
16:40-17:05	山根 峻 (東北大学)	「誘電率測定を用いた高压氷の未解決問題への取り組み」
	氷は水分子の電気双極子モーメントに由来する誘電性を示す。この点に着目してこれまで、氷の秩序化や 10 GPa における種々の測定アノマリーに関する未解決問題に誘電率をプローブとして取り組んできた。その中で、圧力領域に応じた誘電率測定の技術開発も行っており誘電率によって高压氷の研究にどのような進展があったのかを報告する。	
17:05-17:15 休憩		
臨界現象 (座長: 上床 美也 (物性研究所))		
17:15-17:40	片山 尚幸 (名古屋大学)	「幾何学的フラストレーション系物質における量体化と短距離秩序の発達」



物性研究所談話会

標題：令和4年度前期 客員所員講演会

日時：2022年4月21日(木) 午前10時～午前11時40分

場所：Zoom 開催

要旨：

10:00-10:10 所長挨拶（森 初果：物性研究所長）

10:10-10:40 楠瀬 博明（明治大学工学部物理学科）
「対称性適合基底に基づくキラル結晶の交差相関応答研究」

10:40-11:10 遠藤 仁（高エネルギー加速器研究機構）
「J-PARC MLF BL06 における中性子スピネコー分光装置の開発」

11:10-11:40 多田 靖啓（広島大学先進理工系科学研究科量子物質科学プログラム）
「非自明な対称性をもつ量子系の研究」



- [1] G. Floquet, Annales de l'École Normale Supérieure 12, 47 (1883).
[2] T. Oka and S. Kitamura, Ann. Phys. Cond. Mat. 10, 387 (2019).
[3] T. N. Ikeda, S. Tanaka, Y. Kayanuma, arXiv:2202.04973 (2022).
[4] K. Uchida et al. arXiv:2202.13315 (2022).

標題 : Probing the Vicinity of Deconfined Quantum Critical Point with Quantum Monte Carlo

日時 : 2022 年 4 月 28 日(木) 午前 10 時~午前 11 時

場所 : Zoom 開催

講師 : 高橋 惇

所属 : ニューメキシコ大学

要旨 :

Deconfined quantum criticality (DQC) is a beyond-Landau paradigm quantum phase transition predicted to occur in a 2d quantum magnet between a Neel phase and a valence bond solid (VBS) phase. Although the two phases are not related in the traditional symmetry-breaking perspective, field theory predicts that at the DQC transition point the order of the phases fractionalizes and creates an emergent gauge field, letting the Neel-VBS transition generically continuous.

By constructing concrete models that could be simulated to a large scale with quantum Monte Carlo methods, we numerically study the Neel-VBS transition and find that there is an emergent higher symmetry at the first-order transition point up to a very large system size. We also find that there are a number of new perturbations to the DQC point that were previously overlooked, and show that they lead to a different phase diagram, possibly resolving the previously observed discrepancy between theoretical conformal bootstrap calculation and numerical studies.

標題 : 極限表面科学：原子層の「物理」と「化学」

日時 : 2022 年 4 月 28 日(木) 午前 10 時~午前 11 時 30 分

場所 : Online

講師 : 松田 巖

所属 : 物性研究所・極限コヒーレント光科学研究センター

要旨 : Less is different.

3次元バルク結晶のホウ素は歴史的に絶縁体しか知られていませんでしたが、我々は2次元にすることで金属相になることを発見しました。このように物体を小さく、そして次元を下げていくと新しい物質が生まれ、新奇な物理及び化学現象も発現します。そして我々はさらに原子層の表と裏を化学修飾して物質の物理特性を制御する極限表面科学 (extreme surface science) を展開することで、ディラックコーンやディラックノーダル半金属などのディラック物性を示す珍しい2次元ホウ素マテリアルを合成してきました。これら研究成果の背景には物質評価(みる)を中心とした理論研究(しる)と物質合成(つくる)の完璧な連携がありました。現在、その連携の次世代型としてプロセスインフォーマティクスに基づくユーザー利用実験システムの建設を行なっています。

当日はこれまでの原子層・表面科学の研究を解説しながら、我々の新たな取り組みについて紹介いたします。



標題：Breakthrough in the study of frustrated ferro-antiferromagnets $A_2Cu_2Mo_3O_{12}$ ($A = Rb, Cs$)

日時：2022年5月17日(火) 午前11時～午後0時

場所：Zoom 開催

講師：林田 翔平

所属：スイス連邦工科大学チューリッヒ校

要旨：

Linear-chain molybdate $A_2Cu_2Mo_3O_{12}$ ($A = Rb, Cs$) is one of the most intriguing linear frustrated ferro-antiferromagnets [1]. For over a decade extensive experimental and theoretical work focused on the unique magnetoelectric effect in $Rb_2Cu_2Mo_3O_{12}$ [2], and on spin-nematic Tomonaga-Luttinger liquid behavior in $Cs_2Cu_2Mo_3O_{12}$ [3]. Unfortunately, a lack of single-crystal samples has hampered any further progress.

In this talk, I will present our recent thermodynamic study using single-crystal samples, which have been grown in our group. The single-crystal study of both materials revealed that their magnetic and dielectric properties are even more complex and intriguing than originally thought [4,5,6]. Our comprehensive thermodynamic measurements mapped out the highly anisotropic low-temperature magnetic phase diagram for both materials [4,6]. Dielectric experiments revealed the Rb system to be a quantum multiferroic and enabled the first direct excitation-response measurements of critical susceptibility at a magnetic BEC quantum critical point [5]. For the Cs system, a host of exotic field-induced phases was discovered, including a presaturation phase that is likely to be a spin-nematic phase [6].

References

[1] M. Hase et al., Phys. Rev. B 70, 10426 (2004); J. Appl. Phys. 97, 10B303 (2005).

[2] H. Ueda et al., Phys. Rev. B 101, 140408(R) (2020).

[3] Y. Hoshino et al., JPS Conf. Proc. 3, 014012 (2014).

[4] S. Hayashida et al., Phys. Rev. B 100, 134427 (2019).

[5] S. Hayashida et al., Phys. Rev. Research 3, 033053 (2021).

[6] D. Flavián, S. Hayashida et al., Phys. Rev. B 101, 22408 (2020).

標題：Non-Hermitian Topology in Quantum Physics

日時：2022年5月17日(火) 午前10時～午前11時

場所：On Zoom

講師：Kohei Kawabata

所属：Princeton University

要旨：

Non-Hermiticity enriches topological phases beyond the existing framework for Hermitian topological phases. Unique non-Hermitian topological phenomena have been observed in several classical experiments of mechanical metamaterials, electrical circuits, photonic lattices, and active particles. Recently, beyond the classical regime, signatures of non-Hermitian topology have been experimentally observed also in open quantum atomic and photonic systems. However, it has been unclear how to theoretically characterize non-Hermitian topological phases in quantum many-body systems. In this seminar, we formulate a many-body topological invariant intrinsic to non-Hermitian systems in one dimension [1]. We also discuss entanglement dynamics and phase transitions induced by non-Hermitian topology [2].

References:

- [1] K. Kawabata, K. Shiozaki, and S. Ryu, Phys. Rev. B 105, 165137 (2022)
[2] K. Kawabata, T. Numasawa, and S. Ryu, in preparation.

標題：高分子材料の階層構造・ダイナミクス解析による力学物性発現メカニズムの解明

日時：2022年5月20日(金) 午前10時～午前11時30分

場所：オンライン開催

講師：眞弓 皓一

所属：物性研究所・附属中性子科学研究施設

要旨：

高分子材料の内部では、複数の構成要素が互いに相互作用を及ぼし合って複雑な高次構造を形成しており、この階層構造が物性を支配している。本発表では、コントラスト変調中性子散乱法による多成分系ソフトマター材料の階層構造・ダイナミクス研究の展望を示すとともに、階層構造制御による新規材料開発の一例として、我々が最近開発した”引っ張ると頑丈になる高強度ゲル”の強靱化メカニズムについて紹介する [1]。

- [1] C. Liu, N. Morimoto, L. Jiang, S. Kawahara, T. Noritomi, H. Yokoyama, K. Mayumi, K. Ito, Science 372, 1078-1081 (2021).

標題：「軟 X 線発光分光で見るフラーレン閉じ込め水分子の電子状態」「微細加工技術を用いた軟 X 線顕微分光イメージング手法の開発」

日時：2022年5月23日(月) 午後1時～午後3時

場所：Zoom 開催

講師：木内 久雄、竹尾 陽子

所属：物性研究所 助教

要旨：

1. 木内 久雄 (物性研究所 原田研究室 助教)

【題目】

軟 X 線発光分光で見るフラーレン閉じ込め水分子の電子状態

【概要】

水は生物の生命活動に必須だけでなく、触媒や電池などの性能を決める重要な要素の一つである。水は異なる水素結合構造を持ったナノメートルオーダーの領域が混在する不均一な液体であることが X 線回折、小角散乱、軟 X 線発光分光の結果から提案され、特に水素結合を直接的に観測する軟 X 線発光分光の解釈をめぐって 15 年近く様々な議論がなされてきたが、最近、理論的にも軟 X 線発光分光でマイクロな不均一モデルを支持するという重要な結果が報告された[1,2]。このように不均一な水素結合領域が共存するモデルを認めることによって、水そのものの機能や親水表面における水の結合と機能に関して、新たな議論が始まると期待されている。一方で、疎水表面における水は疎水性水和という形で相互作用が記述されるが、疎水表面と水の相互作用を直接可視化するのは難しい。そこで本研究では、分子手術法によってフラーレン C60 内に水分子を閉じ込めた系に軟 X 線発光分光を適用することによって、これを可視化することを試みた。本発表では、水分子の特異な電子状態から疎水場における相互作用について議論する。

- [1] O. Takahashi, Y. Harada et al., Phys. Rev. Lett. 128, 086002 (2022).

- [2] L.G.M. Pettersson and O. Takahashi, J. Non-Cryst. Solids: X 14, 100087 (2022).



標題：金属スピナイス Pr₂Ir₂O₇ におけるフォノンによる熱ホール効果

日時：2022年6月8日(水) 午後3時～午後4時

場所：ZOOM 開催

講師：町田 洋

所属：学習院大学

要旨：

温度勾配によって駆動された熱キャリアの軌道が磁場下で曲げられることにより、熱流と磁場に共に垂直な方向に温度差が生じる現象を熱ホール効果と呼ぶ。

近年、熱ホール効果はスピン液体物質を中心に新奇なスピン励起の存在を探る有効なプローブとして注目されている[1,2]。一方で、熱ホール効果には電荷キャリアやスピン励起だけでなくフォノンも寄与することが最近様々な絶縁体物質で見出されつつあり、我々の熱ホール効果についての理解は日々更新を迫られている状況にある[3,4]。

本セミナーでは、金属スピナイス物質 Pr₂Ir₂O₇ の熱輸送に関する研究を紹介し、同物質では局在スピンによる共鳴フォノン散乱が熱流に平行な縦熱伝導における主要な熱抵抗の起源であるだけでなく、共鳴散乱を通してフォノンが熱流に対して非対称に散乱されることで熱ホール効果にも寄与している可能性を議論する[5]。

[1] M. Hirschberger et al., Science 348, 106 (2015).

[2] Y. Kasahara et al., Nature 559, 227 (2018).

[3] K. Sugii et al., Phys. Rev. Lett. 118, 145902 (2017).

[4] X. Li et al., Phys. Rev. Lett. 124, 105901 (2020).

[5] T. Uehara, T. Ohtsuki, M. Udagawa, S. Nakatsuji, and Y. Machida, arXiv:2202.12149.

標題：ISSP & Kavli IPMU Joint Seminar : Anomalies in (2+1)D symmetry-enriched topological phases

日時：2022年6月8日(水) 午後1時～午後2時

場所：Zoom および第一会議室(A636), ISSP (Hybrid)

講師：Daniel Bulmash

所属：University of Maryland

要旨：

Topological phases of matter, like fractional quantum Hall systems, can host anyon excitations with fractional electric charge. More generally, when topological phases with anyons have global symmetries, the anyons can carry fractional quantum numbers under those symmetries. Remarkably, some choices of fractional quantum numbers are anomalous, that is, they are physically allowed to exist, but only when the (2+1)D system lives on the surface of a bulk (3+1)D symmetry-protected topological phase like a topological insulator. Given abstract algebraic data specifying these quantum numbers, I will explain how to determine whether the resulting (2+1)D theory is anomalous and, if so, how to describe the required bulk theory.



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〉

R4.5.1	石井 裕人	附属国際超強磁場科学研究施設	助教	附属国際超強磁場科学研究施設 特任研究員より
R4.5.10	Portugall Oliver	附属国際超強磁場科学研究施設	特任教授	トゥールーズ・グルノーブル国立強磁場研究所 強磁場グループ グループリーダーより
R4.6.2	Batzill Matthias Marcus	ナノスケール物性研究部門	特任教授	南フロリダ大学物理学科 教授より
R4.6.6	Haddad Sonia	凝縮系物性研究部門	特任教授	チュニス・エルマナール大学 チュニス科学院 物性物理学研究所 所長より

〈退職〉

R4.5.31	櫻井 治之	附属極限コヒーレント光科学研究センター	特任助教	東京大学大学院理学系研究科 助教へ
---------	-------	---------------------	------	-------------------

【事務部】

発令日	氏名	部門・施設名等	職名	備考
-----	----	---------	----	----

〈在籍出向〉

R4.6.1	高橋 志生	物性研究所予算・決算係	主任	国立文化財機構本部事務局総務企画課 (情報担当) 専門職員(係長級)へ
--------	-------	-------------	----	---

〈退職〉

R4.6.30	伊東 央	物性研究所	労務作業員	
---------	------	-------	-------	--



2次元ホウ素未踏マテリアルの創製と機能開拓	(国研) 科学技術振興機構	15,990,000	附属極限コヒーレント光科学研究センター教授 松田 巖
多体波動関数物性の量子シミュレーション	(国研) 科学技術振興機構	13,000,000	物性理論研究部門助教 池田 達彦
高強度テラヘルツ光によって誘起された量子スピン流の学理創出	(国研) 科学技術振興機構	3,380,000	物性理論研究部門特任研究員 玉谷 知裕
生体制御における開放系トポロジカル相の理論の展開	(国研) 科学技術振興機構	650,000	機能物性研究グループ教授 岡 隆史
固体電子系における開放系トポロジカル相で予想されるバルクフェルミアークの実証実験	(国研) 科学技術振興機構	1,937,000	附属極限コヒーレント光科学研究センター准教授 近藤 猛
細胞の開放系トポロジカル相に着目した細胞内信号伝達制御法の開発	(国研) 科学技術振興機構	910,000	機能物性研究グループ准教授 井上 圭一
合 計		1,042,891,014	

3. 共同研究

研究 題 目	相 手 側 機 関	相手側負担分	本学負担分	研究 担 当 教 員
強磁場 NMR の開発と物性研究(物性研-物性科学研究機関連携研究)	(大) 北海道大学		2,000,000	附属国際超強磁場科学研究施設教授 金道 浩一
多重膜環境下における熱物性測定法の開発と新奇物性探索(物性研-物性科学研究機関連携研究)	(大) 横浜国立大学		1,000,000	附属物質設計評価施設教授 上床 美也
磁歪の光ファイバセンサによる高速検出	(国研) 産業技術総合研究所			附属国際超強磁場科学研究施設助教 池田 暁彦
新しい強磁場マグネット用高強度・高導電率導体の開発	(国研) 物質・材料研究機構			附属国際超強磁場科学研究施設教授 金道 浩一
パルス超強磁場を用いた創発物性研究	(国研) 理化学研究所	10,000,000		附属国際超強磁場科学研究施設准教授 徳永 将史
人工知能とデータ科学に基づく光受容タンパク質の開発	(国研) 理化学研究所			機能物性研究グループ准教授 井上 圭一
第一原理計算によるネオジム永久磁石内部の交換結合定数解析	(一財) 高度情報科学技術研究機構			附属物質設計評価施設教授 尾崎 泰助
生体・医療・バイオ分野における先端レーザー加工過程の解明と加工プラットフォームのオープンイノベーションの実現	(国研) 産業技術総合研究所			附属極限コヒーレント光科学研究センター教授 小林 洋平
磁歪の光ファイバセンサによる高速検出(2)	(国研) 産業技術総合研究所			附属国際超強磁場科学研究施設教授 松田 康弘
熱回収型太陽電池に関する研究	(国研) 産業技術総合研究所			機能物性研究グループ教授 秋山 英文
次世代放射光を用いた生体分子の物性物理学的アプローチに関する研究	(国研) 量子科学技術研究開発機構			附属極限コヒーレント光科学研究センター教授 原田 慈久
次世代レーザー及び加工の共通基盤技術開発に関する研究	(国研) 産業技術総合研究所			附属極限コヒーレント光科学研究センター教授 小林 洋平
軟 X 線検出器の性能の評価に関する研究	(国研) 産業技術総合研究所		1,000,000	附属極限コヒーレント光科学研究センター教授 原田 慈久
ヘテロ接合太陽電池の放射線耐性向上に関する研究	(国研) 宇宙航空研究開発機構	499,070		機能物性研究グループ教授 秋山 英文
超短パルスレーザー加工工程の解明と加工プラットフォーム利用に関する研究	(国研) 産業技術総合研究所			附属極限コヒーレント光科学研究センター教授 小林 洋平
【企業との共同研究 19 件】		126,669,250		
合 計		127,168,320	4,000,000	



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：hiroii@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、個人情報とは正当な理由なく第三者への開示、譲渡及び貸与することは一切ありません。

○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



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

○郵送の場合

「物性研究所 附属国際超強磁場科学研究施設（准教授）応募書類在中」、又は「物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設（准教授）推薦書類在中」の旨を朱書し、簡易書留等配達状況が確認可能な方法で送付すること

○電子メールの場合

空の電子メールを件名「物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設（准教授）応募」にて上記提出先に送付し、その後返信される電子メールに記載された書類提出先フォルダに応募書類一式をアップロードすること（応募の場合、推薦書または意見書は、作成者から書類提出先へ直送のこと）

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

12. 照会先

提出手続きに関する問い合わせは提出先に、それ以外は下記まで問い合わせること

東京大学物性研究所 附属国際超強磁場科学研究施設 教授 松田 康弘

e-mail: ymatsuda@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。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、個人情報とは正当な理由なく第三者への開示、譲渡及び貸与することは一切ありません。

○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 22 日

東京大学物性研究所長 森 初果

○郵送の場合

「物性研究所物性理論研究部門教員応募書類在中」、又は「物性研究所物性理論研究部門教員推薦書類在中」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「物性研究所物性理論研究部門教員応募」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（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 機能物性研究グループ/物性理論研究部門 教授 岡 隆史

e-mail: 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

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。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、個人情報とは正当な理由なく第三者への開示、譲渡及び貸与することは一切ありません。

○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 6 月 13 日

東京大学物性研究所長 森 初果



東京大学物性研究所教員公募について

1. 職名および人数

特任助教 1名

2. 所属

物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設

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

物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設では、非破壊型ロングパルスマグネットを用いた物性実験を行っている。本公募では、強磁場施設の各研究室と協力してロングパルス強磁場下での精密物性測定法を開拓し、これを用いた共同利用研究を推進する若手研究者を募集する。

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. 契約期間

令和5年4月1日～令和6年3月31日

7. 更新の有無

更新する場合は有り得る。更新する場合は1年ごとに行う。

更新は、予算の状況、従事している業務の進捗状況、契約期間満了時の業務量、勤務成績、勤務態度、健康状況等を考慮のうえ判断する。ただし、更新回数は4回、在職できる期間は令和10年3月31日を限度とする。

8. 試用期間

採用された日から6月間

9. 応募締切

令和4年9月30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（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）

（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（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）

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

「物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設（金道研究室）特任助教応募書類在中」、又は「物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設（金道研究室）教員推薦書類在中」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「物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設（金道研究室）特任助教応募」にて上記提出先に送付し、その後返信される電子メールに記載された書類提出先フォルダに応募書類一式をアップロードすること（応募の場合、推薦書または意見書は、作成者から書類提出先へ直送のこと）

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

12. 照会先

提出手続きに関する問い合わせは提出先に、それ以外は下記まで問い合わせること

東京大学物性研究所 附属国際超強磁場科学研究施設 教授 金道 浩一

e-mail: kindo@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。

諸手当：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。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、個人情報とは正当な理由なく第三者への開示、譲渡及び貸与することは一切ありません。

○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 28 日

東京大学物性研究所長 森 初果



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

「物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設（徳永研究室）特任助教応募書類在中」、又は「物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設（徳永研究室）特任助教推薦書類在中」の旨を朱書きし、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「物性研究所附属国際超強磁場科学研究施設（徳永研究室）特任助教応募」にて上記提出先に送付し、その後返信される電子メールに記載された書類提出先フォルダに応募書類一式をアップロードすること（応募の場合、推薦書または意見書は、作成者から書類提出先へ直送のこと）

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

12. 照会先

提出手続きに関する問い合わせは提出先に、それ以外は下記まで問い合わせること

東京大学物性研究所 附属国際超強磁場科学研究施設 准教授 徳永 将史

e-mail: tokunaga@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。

諸手当：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。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、個人情報とは正当な理由なく第三者への開示、譲渡及び貸与することは一切ありません。

○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 28 日

東京大学物性研究所 森 初果



編集後記

約 10 年ぶりとなる研究用原子炉 JRR-3(3 号炉)の再稼働に伴い共同利用が再開され、その成果が最初の中島先生の記事になっています。表紙の絵に 3 号炉と思いましたが、原子炉の写真は掲載できませんでした。磁気スキルミオンの研究経緯も含めたわかりやすい解説となっています。続く福島先生の記事では、マテリアル DX でどうやって「ビールとおむつ」(←こちらが気になる方は是非ご一読を)を見いだすか、タツプリな容量で解説されています。世界のマテリアル DX の動向、そして日本の状況も詳しく解説されています。近藤研の黒田助教(現広島大)の記事では、1980 年代に盛んに研究された CeSb が対象になっています。東北大の糟谷先生(RKKY 相互作用の K のお一人という説明が今や必要でしょうか?)が、当時にポーラロン、p-f mixing と語られていたこの系の物理が、最先端の測定によって解き明かされていく様は感慨深いものです。学生の 2 件の受賞の記事がありますが、2 件とも研究室間の協力に基づいた研究になっております。

先日、物性科学分野にとって有用な研究振興政策と研究評価の方法について、エビデンスに基づく議論の機会となることを目指し「エビデンスに基づく研究評価分析についての検討会」が物性委員会主催で開催されました。コミュニティが企画する研究評価に関する検討会の開催は、おそらく物性分野が初めてだと思われます。この中で英国の例(Research Excellence Framework)として、研究成果、研究がもて生まれた経済・社会・文化・公共政策等へのインパクト、研究環境の 3 つ評価項目があり、インパクトの項目については世界的にも注目を集めていることが紹介されました。そこでは、機関の中でも分野毎に作り、また、7 年間の間に生まれたインパクトと 20 年前までの研究成果が対象となります。本来、評価までには数年かかる物性分野において、数年分の成果しか対象とならない日本の評価の現状との差を感じるところです。

鈴木博之

物性研だよりの購読について

物性研だより発行のメール連絡を希望される方は共同利用係まで連絡願います。

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

記

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

変更連絡先：東京大学物性研究所共同利用係

〒277-8581 柏市柏の葉 5-1-5

メール：issp-kyodo@issp.u-tokyo.ac.jp