

物性研究所談話会

標題：大きな高圧力発生装置と新物質相開拓

日時：2024 年 7 月 5 日(金) 午後 4 時～午後 5 時

場所：物性研究所本館 大講義室 (A632) 及び Online

講師：北川 健太郎

要旨：

高圧力は、構造相転移や高圧高温合成を通して新物質相を創生する手段であるとともに、基底状態を連続的に変化させ量子相転移やエキゾチック量子電子相を研究するための重要な物性研究ツールです。これまでに様々な超高压発生装置が開発され、10 万気圧を超えるような高圧下実験環境はかなり普及してきました。特に、近年の水素化合物超伝導やニッケル酸化物高温超伝導候補物質の発見は、ダイヤモンドアンビルセル(DAC)による測定技術の成熟によると思われます。一方で、DAC は極端に小さな試料を圧す装置であることから実験上の制約が大きく、実践的な電子物性研究のためにより幅広いアプローチが求められています。我々は、大きな試料室体積、容易な配線と光学測定を両立する高圧力発生装置を開発し、10 万気圧級の核磁気共鳴測定と精密磁化測定を実現してきました。これらの技術は、圧力誘起のエキゾチック超伝導や量子スピン液体研究にある程度有用でしたが、たくさんの候補物質から新電子相を発見するには、より機能的で機動的な高圧装置／測定技術が必要と考えます。本講演では、これまでの研究内容に加え、現在建造中の、巨大な試料室と先端測定手法を兼ね備えた装置を紹介します。ここ数年で高圧下でも実用性が示されつつある光検出磁気共鳴法を組み合わせるにより、超伝導相探索や量子磁性研究を大きく加速させる予定です。

【講師紹介】

北川健太郎先生は 4 月に物性研に着任されました。過去には、物性研瀧川研究室でポスドク研究員としても研究しておられ、この度古巣に帰ってこられた、という形になります。北川先生は、独自開発の高圧力発生装置と光学・磁気共鳴測定技術を組み合わせ、超高压力下でのオリジナリティの高い新電子相の研究を行っておられます。今回は着任の機会に、ご研究分野の紹介とともに、物性研での研究の展開に関する抱負をお話いただきました。

標題：Kitaev and kagome quantum spin liquids

日時：2024 年 7 月 31 日(水) 午後 3 時

場所：柏図書館メディアホール

講師：松田 祐司

要旨：

Quantum spin liquids (QSLs) represent an exotic state of matter where quantum spins interact strongly yet avoid forming long-range magnetic order down to absolute zero temperature. QSLs exhibit nonlocal quantum entanglement, giving rise to fractionalized quasiparticle excitations with novel emergent properties. This talk will explore the rich phenomenology of QSL phases, with a particular focus on the Kitaev and kagome materials which have garnered significant recent interest.

【講師紹介】

松田祐司氏は 1987 年に東大で学位を取得後、北大やプリンストン大学を経て 1997 年に物性研の准教授に着任し、様々な超伝導体の研究に取り組みました。2004 年に京都大学に教授として異動され、鉄系超伝導体や人工超格子における超伝導の研究を発展させ、さらに二次元三角格子反強磁性体やカゴメ格子反強磁性体、キタエフ磁性体における量子スピ

ン液体状態の研究でも大きな成果を挙げられました。これらの優れた業績により、仁科記念賞(2014)、カマリノーオンネス賞(2018)、文部科学大臣表彰・科学技術賞(2019)、第21回本多フロンティア賞(2024)など、数々の表彰を受賞されています。

標題：先端構造物性研究－物理と化学の狭間で－

日時：2024年10月11日(金) 午後3時

場所：物性研究所本館 6 階 大講義室 (A632)

講師：澤 博

要旨：

現代社会におけるテクノロジーの多くは、多様な機能をもつ基礎材料に支えられている。持続可能な社会の発展を支えるには、物質の機能のより効率的な利用や新機能の創出が必要である。こうした社会的要請に対して、我々は物質の構造や機能を量子力学的に理解すること、さらに新しい機能性物質のデザインを提案することを目標に研究を行っている。この「構造物性」研究は化学と物理学の狭間を扱っており、そのアプローチの違いは実空間か波数空間かの差異である。例えば、銅酸化物高温超伝導体の発見の際にはブロック層の探索という実空間の視点が多くの新物質を生み出し、この知見がその後発見された鉄系超伝導体の探索にも大いに活用された。実際、結晶構造を組み立てることで超伝導の転移温度を自在に操れそうに期待させる実空間研究スタイルは実に夢溢れる。一方で、ミクロな物性の発現機構に興味を抱くと必然的に波数空間・エネルギー空間を扱うことになるが、構造物性研究においては手薄であった。我々は、放射光回折実験を極め、匠の技を用いた価電子密度分布解析を実現した。実験的に得られる実空間情報をどのように活かすのか、第一原理計算との比較・検討がどのように物性の理解へと導くかについて問題提起した。

【講師紹介】

澤教授は、長年構造物性研究の分野で第一線級の活躍をされております。1989年に青山学院大学の助手に着任し様々な超伝導体の構造決定に尽力され、1991年に物性研究所の助手に着任後は分子性導体の研究を強力に推進されました。1996年に千葉大学の助教授、2001年に高エネルギー加速器研究機構の助教授、同教授を経て、2008年に名古屋大学に教授として着任されています。物性研究所以降のキャリアでは、放射光を用いた研究を継続的に発展させており、特に最近では精緻な価電子密度分布解析を実現されています。今回、結晶構造という最も基本的な情報を、どのようにして精緻な物性の議論に繋げるのかの技術も含めて談話会でご講演いただけることになりました。

標題：Unravelling the molecular origin of water/ice anomaly with scanning probe microscopy

日時：2024年10月15日(火) 午後3時30分

場所：物性研究所本館 6 階 大講義室 (A632)

講師：Ying Jiang

要旨：

Despite its ubiquity in nature, water is one of most complicated condensed matters. The understanding of water structure and phase transition is far from satisfactory, and many unusual properties of water remain as puzzles. The main reason arises from the many-body hydrogen (H)-bonding interaction between the water molecules. Moreover, the light H nuclei can exhibit prominent quantum effects, in terms of tunneling and zero-point motion. The so-called nuclear quantum effects (NQE) add additional complexity to water and ice. In the past decade, we have steadily continued to improve accuracies of imaging and spectroscopic methods based on scanning probe microscopy (SPM), which acquire unprecedentedly high sensitivity to the H of single water molecule in a nearly non-invasive manner. In this talk, I will showcase the application of those techniques to probe water clusters, ion hydrates, two-dimensional

ices and bulk ices, with increasing complexity. The obtained results provide molecular insights into various water/ice anomaly, including quantum nature of H bond [1-3], ultrafast water and ion transport under confinement [4-7], premelting and phase transition [8], etc.

References:

Meng et al., Nature Physics 11, 235 (2015).

Guo et al., Science 352, 321 (2016).

Tian et al., Science 377, 315 (2022).

Peng et al., Nature 557, 701 (2018).

Ma et al., Nature 577, 60 (2020).

Tian et al., Nature Nanotechnology 19, 479 (2024).

Wu et al., Science 384, 1254 (2024).

Hong et al., Nature 630, 375 (2024).

【講師紹介】

Ying Jiang 氏は 2008 年に中国科学院物理研究所で学位を取得後、ユーリッヒ研究所やカリフォルニア大学アーバイン校を経て、2010 年に北京大学に着任され、走査プローブ顕微鏡を用いた様々な研究に取り組まれました。特に、水分子の膜生成、配向、量子現象の分子レベルでの実空間観察による研究は高く評価されており、2019 年にアメリカ物理学会フェロー、2020 年仁科アジア賞、同年 Sir Martin Wood China 賞等を受賞されています。最近では、パルスレーザーと組み合わせた時間分解計測、ダイヤモンド NV センターによる量子計測でも顕著な成果を挙げており、今、最も注目される若手研究者です。