物性研究所談話会

標題：Quantum geometry and fluid dynamics of the quantum Hall effect
日時：2025 年 9 月 30 日(火) 午後 3 時～午後 4 時
場所：物性研究所本館 6 階 大講義室（A632）
講師：F. Duncan M. Haldane
所属：Princeton University

標題：共進化する物性理論・物性実験と機械学習
日時：2025 年 10 月 2 日(木) 午後 3 時～午後 4 時
場所：物性研究所本館 6 階 大講義室（A632）
講師：大槻 東巳
所属：上智大学 理工学部
要旨：

2016 年後半から機械学習が物性物理学に盛んに応用されるようになった [1]。同時に対称性、不変性、繰り込み [1]、量子物理学 [2] などのアイディアがニューラルネットワークの解釈や改良に提案されている。実際、昨年のノーベル物理学賞は物理学の概念を人工ニューロンに適用しニューラルネットワークを使った機械学習の基礎を築いたことに、またノーベル化学賞はたんぱく質の折りたたみ構造の予測を機械学習で高速化したことに授与された。

本講演では、物性物理学を例として画像認識や生成ネットワーク(変分オートエンコーダー、拡散モデルなど)がどのように物性物理学に生かされるかを、メゾスコピック系の磁気指紋から散乱状態やポテンシャル分布を予想する研究を例として解説する [3]。これは測定された物理量から物質のミクロな情報を取り出す、いわゆる逆問題を解いたことになる[4]。また、量子機械学習の利点（と欠点） [2] についても触れる。

最後に、多少大胆な話になるが人工知能と物性物理学の今後の展望についても触れたい。

[1] 解説論文として例えば，G. Carleo et al., Rev. Mod. Phys. 91, 045002 (2019); T. Ohtsuki, T. Mano, J. Phys. Soc. Jpn. 89, 022001 (2020); JPSJ special topics, Machine learning physics, Ed. K. Hashimoto, R. Kaneko, T. Ohtsuki, J. Phys. Soc. Jpn. 94, issue 3 (2025).
[2] I. Cong, S. Choi, M. D. Lukin, Nature Physics 15, 1273 (2019); G Budiutama et al., Phys. Rev. A 110, 012447 (2024).
[3] S. Daimon et al., Nature Communications 13, 3160 (2022); N. Yokoi et al., arXiv: 2506.08617 (2025).
[4] K. Kobayashi, T. Ohtsuki, arXiv: 2506.13210 (2025).

標題：令和 7 年度後期　客員所員講演会
日時：2025 年 10 月 16 日(木) 午前 10 時～午前 11 時 55 分
場所：物性研究所本館 6 階 大講義室（A632）
プログラム：

10:00－10:10　所長挨拶（廣井 善二：物性研究所長）
10:10－10:45　Salvador Barraza Lopez（University of Arkansas）
「Ferroelectricity in two-dimensional materials」
10:45－11:20　Tiantian Zhang（Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences）
「Electronic order induced circularly polarized phonons in Co3Sn2S2」

11:20－11:55　Byong-Guk Park（Department of Materials Scienceand Engineering, KAIST）
「Material engineering for field-free spin-orbit torque switching」

標題：Heavy fermion oxide LiV2O4 with new surprise in store
日時：2025 年 11 月 17 日(月) 午後 3 時～午後 4 時
場所：物性研究所本館 6 階 大講義室（A632）
講師：髙木 英典
所属：Max Planck Institute for Solid State Research
要旨：

The mixed-valent spinel LiV2O4 is known as the first oxide heavy-fermion system. There is a consensus that a subtle interplay of charge, spin, and orbital degrees of freedom of correlated electrons plays a crucial role in the enhancement of quasi-particle mass, but the specific mechanism has remained yet elusive. A charge-ordering (CO) instability of V3+ and V4+ ions that is geometrically frustrated by the V pyrochlore sublattice from forming a long-range CO down to T = 0 K has been proposed as a prime candidate for the mechanism. In this talk, we uncover the hidden CO instability by applying epitaxial strain on single-crystalline LiV2O4 thin films. We find a crystallization of heavy fermions in a LiV2O4 film on MgO, where a charge-ordered insulator comprising of a stack of V3+ and V4+ layers along [001], the historical Verwey-type ordering, is stabilized by the in-plane tensile and out-of-plane compressive strains from the substrate. Our discovery of the [001] Verwey type CO, together with previous realizations of a distinct [111] CO, evidence the proximity of the heavy-fermion state to degenerate CO states mirroring the geometrical frustration of the V pyrochlore lattice. Our recent transport (Hall coefficient RH and thermopower S) studies on LiV2O4 single crystals at low temperatures below 2 K points to a semimetallic ground state with almost equally heavy electrons and holes, which gives us a hint for the origin of CO instability in k-space. We note that the semimetallic ground state is the natural consequence of the even number of electrons in the primitive cell containing 4 V ions (1.5 x 4 =6). The volume of semimetallic Fermi surfaces inferred from transport appears to respect roughly the LDA semimetallic Fermi surfaces, though the mass is two orders of magnitude enhanced. We argue that the coupling of itinerant electrons in the almost half-filled two eg bands and almost Mott-localized electrons in the narrow a1g bands below the Fermi level gives rise to the formation of extremely narrow semimetallic quasi-particle bands at the Fermi level. LiV2O4 may bridge the 4f Kondo heavy fermion physics with the correlated d-electron physics.

U. Niemann, Y.-M. Wu, R. Oka, D. Hirai, Y. Wanga, Y. E. Suyolcua, M. Kim, P. A. van Aken, and H. Takagi, Proceedings of the National Academy of Sciences 120, e2215722120 (2023).