

Low-Temperature Physics & Superconductivity 電子物性学

I 鉄系及び銅酸化物系高温超伝導体の研究

Study on Iron-based and Copper Oxide High-Temperature Superconductors

宮坂茂樹・山口 明・山根 悠

Miyasaka, S., Yamaguchi, A., Yamane, Y.

ペロブスカイト類似構造をブロック層として内包する鉄系 $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_3$ について研究を行った。本系は、酸素欠損により、Fe、V の価数を制御することが出来き、この酸素欠損量をパラメータにした電子相図を明らかにした。また、相図中で超伝導転移温度 T_c より高温において、ブロック層の V の $3d$ 電子軌道が軌道秩序を生じていることを示唆する結果が得られた。一方、銅酸化物超伝導体に関しては、三層系 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+z}$ の単結晶試料を用いた光学反射率測定から、擬ギャップのエネルギーを見積もった。様々な銅酸化物系における、単層系、二層系、三層系において、擬ギャップエネルギーと T_c の間に明確な相関があることを見出した。

II 極低温における液体・固体ヘリウムの研究

Experimental Study of Liquid and Solid Helium

山口 明・宮坂茂樹・山根 悠

Yamaguchi, A., Miyasaka, S., Yamane, Y.

極低温における液体ヘリウム、固体ヘリウムは量子液体・量子固体と呼ばれ、量子力学的な効果を強く反映した物性を示す。超流動状態、常流動状態、固体状態のヘリウム (^4He , ^3He) の特異な物性を解明するため、様々な極限環境下の実験技術の開発、および、それらを利用した実験を行っている。最近では、放射光表面 X 線回折法により、グラファイト基板に吸着した 2 次元量子液体・固体ヘリウムの構造を解明する研究に取り組んでいる。超高真空チャンバーに組み込む冷凍機の製作を行い、大型放射光施設 SPring-8 で極低温放射光実験を行っている。

III 分子性磁性体の極低温物性

Study of Molecular Magnetic Materials in Low Temperatures

山口 明・宮坂茂樹・山根 悠

Yamaguchi, A., Miyasaka, S., Yamane, Y.

遷移金属イオンを含む分子性磁性体は、様々なスピンネットワーク構造を作成できることから、多体量子効果研究の舞台として有望である。フラストレート磁性体、キラルな配位子を持つ分子性錯体などを対象にして極低温領域における基底状態の解明を目的に研究を行っている。希釈冷凍機を用いた低温磁化率、比熱測定では、フラストレート効果により、相互作用に比べてはるかに低い温度まで磁気秩序を示さない化合物を発見した。

IV 希土類化合物・重い電子系化合物・空間反転対称のない化合物などの無機化合物の研究

Study of Inorganic Compounds, including Rare-Earth Materials, Heavy Fermion Systems, and Non-Centrosymmetric Structural Compounds

宮坂茂樹・山根 悠・山口 明

Miyasaka, S., Yamane, Y., Yamaguchi, A.

希土類化合物・重い電子系化合物・空間反転対称のない化合物などの無機化合物では、それぞれの含有元素の特徴を反映した多彩な物性現象が現れる。無機合成・単結晶育成の手法を駆使して新しい物質系の創製を試みている。さらに、合成した試料に対し、低温マクロ物性計測、量子ビーム（放射光 X 線、中性子線）計測、などの最適な測定を組み合わせることにより、新規物性現象の発見、物性発現のミクロなメカニズムの解明を目指した研究を行っている。例えば、空間反転対称性が欠如した結晶構造をもつ磁性体においては磁性と電気的性質が互いに結合した交差相関現象などが期待されることから注目されている。新規物質系の発見に向けた物質探索を行っている。

発表論文 List of Publications

- I-1 Masamichi Nakajima, Hiroaki Yokota, Taihei Wakimura, Tetsuya Takeuchi, Koya Nakamura, Mitsuharu Yashima, Hidekazu Mukuda, Shigeki Miyasaka, Setsuko Tajima: Role of Vanadium-Oxide Layer in Electronic State of $\text{Sr}_2\text{VFeAsO}_{3-\delta}$ with Oxygen Deficiency, J. Phys. Soc. Jpn. **93**, 054711-1-9 (2024).
- I-2 Setsuko Tajima, Yuhta Itoh, Katsuya Mizutamari, Shigeki Miyasaka, Masamichi Nakajima, Nae Sasaki, Shunpei Yamaguchi, Kei-ichi Harada, Takao Watanabe: Correlation between T_c and the pseudogap observed in the optical spectra of high T_c superconducting cuprates, J. Phys. Soc. Jpn. **93**, 103701-1-5 (2024).
- II-1 Atsuki Kumashita, Hiroo Tajiri, Jun Usami, Yu Yamane, Shigeki Miyasaka, Hiroshi Fukuyama, Akira Yamaguchi: Growth of Uniform Helium Submonolayers Adsorbed on Single-Surface Graphite Observed by Surface X-ray Diffraction, J. Low Temp. Phys. **220**, 115 (2025).
- II-2 Atsuki Kumashita, Jun Usami, Yu Yamane, Shigeki Miyasaka, Hiroshi Fukuyama, Akira

- Yamaguchi: New Heat-capacity Measurements on the Commensurate-Incommensurate Quantum Phase Transition in Submonolayer ^3He on ZYX Graphite, The 2024 International Symposium on Quantum Fluids and Solids, QFS24, (Jacksonville, 2024).
- II-3 Atsuki Kumashita, Akira Yamaguchi, Yu Yamane, Akihiko Sumiyama, Shigeki Miyasaka, Jun Usami, Hiroshi Fukuyama, Hiroo Tajiri: Sample preparation protocol for surface X-ray diffraction of sub-monolayer helium adsorbed on single-surface graphite, The 2024 International Symposium on Quantum Fluids and Solids, QFS24, (Jacksonville, 2024).
- II-4 隈下敦貴・宇佐美潤・山根 悠・宮坂茂樹・住山昭彦・福山 寛・山口 明: 純良グラファイト上へリウム 3 単原子層の整合-非整合相転移領域の熱容量測定、日本物理学会 第 79 回年次大会(北大), 2024
- II-5 田尻寛男・山口 明: 表面界面における機能性材料と超低温表面の計測フロンティア、SPRING-8 シンポジウム 2024(九大)、2024
- III-1 Mayumi Umemura, Akira Yamaguchi, Vincent Robert, Masahisa Tsuchiizu: Spin chirality anomaly induced by the Dzyaloshinskii-Moriya interaction and the magnetic field effect in the tri-nuclear general-spin triangular systems, The 22nd International Conference on Magnetism, ICM2024, (Bologna, 2024).
- III-2 Akira Yamaguchi: Quantum Spin Liquid State in a MOF, Interdisciplinary Symposium: Chemistry, Physics, and Mathematics, (Strasbourg, 2024).
- III-3 住川 舜・池田祥貴・小澤芳樹・山口 明・山根 悠・宮坂茂樹・阿部正明: クロム(III)三核錯体を作る層状ハニカム構造の磁気異方性と結晶電気化学、日本結晶学会 2024 年会(名大)、2024
- III-4 岡田航太郎・阿部正明・小澤芳樹・高原一真・山口 明: 三脚型多座配位子からなる新規 ZnII-DyIII 錯体の分子構造と分子磁性、日本化学会第 105 春季年会 (関西大)、2025
- III-5 山口 明: 分子磁性体の低温物性、ワークショップ「分子が語る物性の未来物質と科学の最前線」(名大)、2025
- IV-1 Yuuki Yasui, Kota Iwata, Shota Okazaki, Shigeki Miyasaka, Yoshiaki Sugimoto, Tetsuo Hanaguri, Hidenori Takagi, Takao Sasagawa: Closing of the Mott gap near step edges in NiS_2 , Phys. Rev. B **110**, 045139-1-5 (2024).
- IV-2 Lishai Shoham, Maria Baskin, Yaron Kauffmann, Anna Zakharova, Teppei Yoshida, Shigeki Miyasaka, Cinthia Piamonteze, Lior Kornblum: Surface matters: A case study of the scale and impact of oxide surfaces via orbital polarization, APL Mater. **12**, 051121-1-8 (2024).
- IV-3 山口 明・本山 岳・山根 悠・住山昭彦・芳賀芳範・白崎謙次: 三元系ウラン化合物 U_3TiGe_5 の単結晶育成、磁性および電気伝導性、日本物理学会 第 79 回年次大会(北大), 2024
- IV-4 森賢太郎・山根 悠・谷口貴紀・山口 明・宮坂茂樹・藤田全基: 擬スクッテルダイト化合物 RRuSn_3 ($\text{R} = \text{Pr}, \text{Nd}$) の結晶場効果、日本物理学会 第 79 回年次大会(北大), 2024
- IV-5 山根悠・名古屋太一・山口 明・住山昭彦・宮坂茂樹: $S = 1$ 一次元反強磁性体 $\text{La}_3\text{NiGaS}_7$ における磁化率の Ni 組成依存性、日本物理学会 第 79 回年次大会(北大), 2024
- IV-6 日坂 誠・山根 悠・山口 明・宮坂茂樹: カイラルな結晶構造をもつ希土類遷移金属硫化物 $\text{La}_3\text{Fe}_2\text{S}_7$ の磁性と伝導、日本物理学会 第 79 回年次大会(北大), 2024
- IV-7 日比野瑠央・柳澤達也・日高宏之・網塚 浩・Sergei Zherlitsyn・Joachim Wosnitza・木俣

- 基・石井 勲・山根 悠・松本圭介・鬼丸孝博: 非クラマース化合物 $\text{PrIr}_2\text{Zn}_{20}$ における弾性応答の磁場角度依存性、日本物理学会 第 79 回年次大会(北大), 2024
- IV-8 森賢太郎・山根 悠・谷口貴紀・藤田全基・志村恭通・鬼丸孝博・山口 明・宮坂茂樹: カゴ状立方晶化合物 $\text{Pr}_{4-x}\text{Ru}_4\text{Sn}_{12+x}$ ($x = 0, 1$)における非磁性基底状態、日本物理学会 2025 年春季大会(オンライン), 2025
- IV-9 山根 悠: カイラル化合物 $\text{La}_3\text{TrGaS}_7$ ($\text{Tr} = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$) における一 次元磁性、H-Physics II (神戸大), 2024
- IV-10 山根 悠: 磁化から見た希薄非クラマース二重項系 $\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ir}_2\text{Zn}_{20}$ における四極子ゆらぎ、学術変革領域研究 A アシンメトリ量子 令和 6 年度 領域全体会議・公募研究キックオフ会議 (東広島), 2024

物質科学専攻

博士後期課程

限下敦貴: 極低温2次元量子ヘリウム薄膜の研究

博士前期課程

森 賢太郎: 擬スクッテルダイト化合物 $R\text{RuSn}_3$ ($R = \text{Pr}, \text{Nd}$)における結晶場効果

日坂 誠: カイラルな結晶構造をもつ半導体化合物の磁性とスピン輸送

科学研究費補助金等

1. 科学研究費補助金(令和5-7年度) 基盤研究(C) 課題番号 23K03320
研究課題 鉄系超伝導体1111系As・P固溶母物質の正方晶・反強磁性と電子構造の解明
研究代表者 宮坂茂樹
2. 科学研究費補助金(令和2-6年度) 特別推進研究 課題番号 20H05621
研究課題 分子性強等方性構造の化学構築と機能開拓
研究代表者 阿波賀邦夫
研究分担者 山口 明
3. 科学研究費補助金(令和4-6年度) 基盤研究(B) 課題番号 22H03883
研究課題 放射光X線散乱で拓く未到の超低温原子層の構造可視化
研究代表者 田尻寛男
研究分担者 山口 明
4. 科学研究費補助金(令和6-8年度) 基盤研究(B) 課題番号 24K00826
研究課題 新規熱交換器を用いたハイブリッド10mK超低温冷凍機の革新
研究代表者 齋藤明子
研究分担者 山口 明

5. 科学研究費補助金(令和6-8年度) 基盤研究(B) 課題番号 24K00588

研究課題 ランダウゼロモード観測を用いたトポロジカル物質における微視的電子状態の解明

研究代表者 水戸 毅

研究分担者 山根 悠