

田中 清尚（准教授）（2014 年 4 月 1 日着任）

ZHU, Yupeng（特別訪問研究員）
河野 健人（特別共同利用研究員）
増田 圭亮（特別共同利用研究員）
興田 康人（特別共同利用研究員）
波多江 勇太（特別共同利用研究員）
石原 麻由美（事務支援員）
加茂 恭子（事務支援員）
横田 光代（事務支援員）

A-1) 専門領域：物性物理学，放射光科学

A-2) 研究課題：

- a) 新規スピン分解角度分解光電子分光装置の開発
- b) 高温超伝導体の電子状態の解明
- c) UVSOR ビームラインの高精度化

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) UVSOR BL5U では高効率イメージスピン分解角度分解光電子分光測定の開発を進めている。昨年度から導入している超高輝度電子銃を用いて電子レンズパラメータの調整を実施し、試料面内 2 軸方向のスピン分解測定可能運動エネルギー領域を、125 eV からビームラインの最低励起光エネルギー（21.2 eV）の領域まで拡大することに成功した。また今年度はユーザー利用開始の最も大きな障害となっていたスピントーゲットの 2 軸モーター制御を新たに開発し導入することに成功した。スピントーゲットを装置に適切なトルクで、再現性良く押し付けることが最大の課題であったが、既製品である 2 軸モータートランスファーシステムの 1 軸機構を完全に取り外し、新たにラックアンドピニオンギアを取り付けることで実現したことに大きな特徴がある。さらに 2 軸モーター制御導入の副次的効果として、試料面直方向のスピン分解測定を実施するための電子レンズパラメータ設定に自由度ができたことで、電子銃での実験ではあるが、はじめて試料位置での角度情報を保ったまま面直方向電子を検出器まで導くことに成功した。来年度は面直方向用の電子レンズパラメータの調整を継続するとともに、面直スピン検出の実証実験を実施する予定である。成功すれば世界初の高効率マルチチャンネル検出器を利用した全方位スピン情報を得ることのできる角度分解光電子分光装置が実現する。
- b) UVSOR BL7U において、銅酸化物高温超伝導体 Bi2213 の角度分解光電子分光測定を行った。超伝導転移温度の上下でのスペクトルを比較することで、超伝導によるスペクトラルウェイト変化の運動量空間依存性とホール濃度依存を導出することに成功した。これまで長い間有効とされてきたフェルミアーキ描像を否定する結果が得られており、高温超伝導が超伝導ギャップよりも超流動密度に強く影響を受けていることを示唆している。現在論文にまとめている。
- c) 放射光のビームラインでは使用する励起光エネルギーを設定したときに、毎回エネルギーとビームスポット位置が再現されることが、高精度な実験、あるいは測定の自動化を実現する上で欠かせない。BL5U では励起光エネルギーの再現性があまりよくないことが問題となっていたが、回折格子の角度制御における機械的な動作の問題を回避するための特別なモーター制御を開発・導入し、再現性を確保することに成功している。他の光電子ビームライン（BL7U）

でも同様の制御システムを導入し、再現性のある励起光エネルギーの提供に成功したが、運用開始後1年後に突然再現性が確保できなくなった。今後の自動測定に向けて最も重要な要素であり、現在原因究明に向けて、ひとつひとつの光学素子制御の確認実験を実施している。

B-1) 学術論文

- Y. MIYAI, S. IDETA, M. ARITA, K. TANAKA, M. ODA, T. KUROSAWA and K. SHIMADA**, “Dual Origin in the Temperature Dependence of the Coupling Parameter for the Strange Metal State in Heavily Overdoped Cuprate Superconductor,” *Phys. Rev. Res.* **7(1)**, L012039 (2025). DOI: 10.1103/PhysRevResearch.7.L012039
- Y. LEE, Y. SUR, S. KIM, J. CHA, J. HYUN, C. LIM, M. HASHIMOTO, D. LU, Y. KIM, S. HUH, C. KIM, S. IDETA, K. TANAKA, K. H. KIM and Y. KIM**, “Coupling Between Electrons and Charge Density Wave Fluctuation and its Possible Role in Superconductivity,” *Adv. Sci.* **11(41)**, 2406043 (2024). DOI: 10.1002/advs.202406043
- Y. NAKAYAMA, K. YAMAUCHI, Y. BABA, K. KIKUCHI, H. HATTORI, F. TESHIMA and K. TANAKA**, “Synchrotron Radiation Fourier-Transform Infrared Absorption Measurements on the Single-Crystal Dinaphtho[2,3-*b*:2',3'-*f*]thieno[3,2-*b*]thiophene,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **63(9)**, 09SP07 (2024). DOI: 10.35848/1347-4065/ad70c0
- T. KATO, K. NAKAYAMA, Y. LI, Z. WANG, K. SUGAWARA, K. TANAKA, T. TAKAHASHI, Y. YAO and T. SATO**, “Quasi-Homoepitaxial Growth of Highly Strained Alkali-Metal Ultrathin Films on Kagome Superconductors,” *Adv. Sci.* **11(29)**, 2309003 (2024). DOI: 10.1002/advs.202309003
- R. FUKUSHIMA, V. N. ANTONOV, M. M. OTROKOV, T. T. SASAKI, R. AKIYAMA, K. SUMIDA, K. ISHIHARA, S. ICHINOKURA, K. TANAKA, Y. TAKEDA, D. P. SALINAS, S. V. EREMEEV, E. V. CHULKOV, A. ERNST and T. HIRAHARA**, “Direct Evidence of Induced Magnetic Moment in Se and the Role of Misplaced Mn in MnBi₂Se₄-Based Intrinsic Magnetic Topological Insulator Heterostructures,” *Phys. Rev. Mater.* **8(8)**, 084202 (2024). DOI: 10.1103/PhysRevMaterials.8.084202
- T. KAWASAKI, A. NAGASE, K. HAYAKAWA, F. TESHIMA, K. TANAKA, H. ZEN, A. IRIZAWA, T. SAKAI and Y. HAYAKAWA**, “Investigating Structural Property of Human Hair by Using Infrared Free Electron Lasers,” *Discover Appl. Sci.* **6(8)**, 397 (2024). DOI: 10.1007/s42452-024-06104-9
- J. P. ITHIKKAL, K. FUKUTANI, F. NISHINO, T. MINATO, H. ISHII, S. IZAWA, K. TANAKA, M. HIRAMOTO and S. KERA**, “Direct Observation of the Electronic Structure and Many-Body Interactions of Low-Mobility Carriers in Perylene Diimide Derivative,” *Appl. Phys. Lett.* **125(5)**, 052102 (2024). DOI: 10.1063/5.02212938.
- K. YAMAGUCHI, M. NIIBE, X. ZHANG, T. SUMI, M. HORIO, Y. ANDO, J. YAMAURA, E. NAKAMURA, K. TANAKA, T. KONDO and I. MATSUDA**, “Macroscopic Sheets of Hydrogen Boride and Their Spectroscopic Evaluation,” *Phys. Rev. Mater.* **8(7)**, 074005 (2024). DOI: 10.1103/PhysRevMaterials.8.074005
- S. ICHINOKURA, K. TOKUDA, M. TOYODA, K. TANAKA, S. SAITO and T. HIRAHARA**, “Van Hove Singularity and Enhanced Superconductivity in Ca-Intercalated Bilayer Graphene Induced by Confinement Epitaxy,” *ACS Nano* **18(21)**, 13738–13744 (2024). DOI: 10.1021/acsnano.4c01757
- Y. NAKAYAMA, J. MIYAMOTO, K. YAMAUCHI, Y. BABA, F. TESHIMA and K. TANAKA**, “Far- and Mid-Infrared FT-IR Analysis of the Single-Crystal Pentacene Using a Linearly Polarized Synchrotron Radiation Light Source,” *Vib. Spectrosc.* **132**, 103681 (2024). DOI: 10.1016/j.vibspec.2024.103681

D. OOTSUKI, H. TAKATSU, K. FUNADA, T. ISHIDA, M. ARITA, S. IDETA, K. TANAKA, H. KAGEYAMA and T. YOSHIDA, “Tiny Fermi Surface with an Extremely Light Mass of Ternary Chalcopyrite CdSnAs₂ Revealed by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy,” *Phys. Rev. Mater.* **8(4)**, 044604 (2024). DOI: 10.1103/PhysRevMaterials.8.044604

B-3) 総説, 著書

S. KERA, T. ARAKI, K. TANAKA, Y. TAIRA, M. KATOH and F. MATSUI, “UVSOR Synchrotron Facility 40th Anniversary,” *Synchrotron Radiat. News* **37(2)**, 41–42 (2024). DOI: 10.1080/08940886.2024.2330876

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(C), 「最新の高分解能光電子分光による高温超伝導体スピン電荷ストライプ相の電子状態の解明」, 田中清尚 (2024年度–2026年度).

C) 研究活動の課題と展望

開発中のスピン分解ARPES システムは、試料面内 2 軸方向のイメージでのスピン分解スペクトルの取得に成功し、運動量空間分解能や検出効率なども既存システムを大きく上回ることも確認できている。ユーザー利用の障害となっていたスピントラゲットの磁化操作については自動化に成功し利便性が大きく向上した。これまで一番問題となっていた面直方向スピン測定も実装する目途が立ちつつある状況である。これまでスピン分解測定は一部ユーザーには開放していたが、一般ユーザーの利用開始に向けて整備を急ぎたい。