

軟 X 線 ARPES を利用したトポロジカル相図の決定： セリウムモノプニクタイト CeX (X: P, As, Sb and Bi) Experimental determination of topological phase diagram by soft X-ray ARPES: cerium monopnictide CeX (X: P, As, Sb, Bi)

黒田健太¹、越智正之²、鈴木博之¹、平山元昭³、中山充大¹、野口亮¹、C. Breille¹、明比俊太郎¹、国定聡¹、室隆桂之⁴、M. D. Watson⁵、北澤英明⁶、芳賀芳範⁷、T. K. Kim⁵、M. Hoesch⁵、辛埴¹、有田亮太郎³、近藤猛¹

¹ISSP、²大阪大、³理研 CEMS、⁴JASRI、⁵DIAMOND light source、⁶NIMS、⁷JAEA
K. Kuroda¹、M. Ochi²、H. S. Suzuki¹、M. Hirayama³、M. Nakayama¹、R. Noguchi¹、C. Breille¹、S. Akebi¹、S. Kunisada¹、T. Muro⁴、M. D. Watson⁵、H. Kitazawa⁶、Y. Haga⁷、T. K. Kim⁵、M. Hoesch⁵、S. Shin¹、R. Ariata³、T. Kondo¹

¹ISSP、²Osaka Univ.、³RIKEN CEMS、⁴JASRI、⁵DIAMOND light source、⁶NIMS、⁷JAEA

*kuroken224@issp.u-tokyo.ac.jp

トポロジカル物質におけるバンドトポロジーの決定は、真空紫外領域の励起光を用いた表面敏感な角度分解光電子分光 (ARPES) を利用した表面状態の観測と第一原理計算との比較を通して行われてきた。本研究で我々は、これまでに行われてきたこの間接的なバンドトポロジーの決定ではなく、軟 X 線領域の放射光を組み合わせたバルク敏感 ARPES (SX-ARPES) による直接的なバルクバンドトポロジーの決定に世界で初めて成功した [1]。Spring-8 の高輝度軟 X 線固体分光ビームライン BL25SU で開発された SX-ARPES を用いて、セリウムモノプニクタイト CeX (X=P, As, Sb, Bi) に注目して、スピン軌道相互作用による系統的なバルク電子構造の変化を調べた。その結果、バンド反転に伴うトポロジカル相転移を直接的に観測する事で、トポロジカル相図を実験的に決定した (図 1)。この実験により、放射光 SX-ARPES を用いたバルク敏感な測定がトポロジカル物質相の直接的なプローブとなる、軟 X 線の新しい有用性を示した。

参考文献

[1] K. Kuroda *et al.*, Physical Review Letters **120**, 086402 (2018).

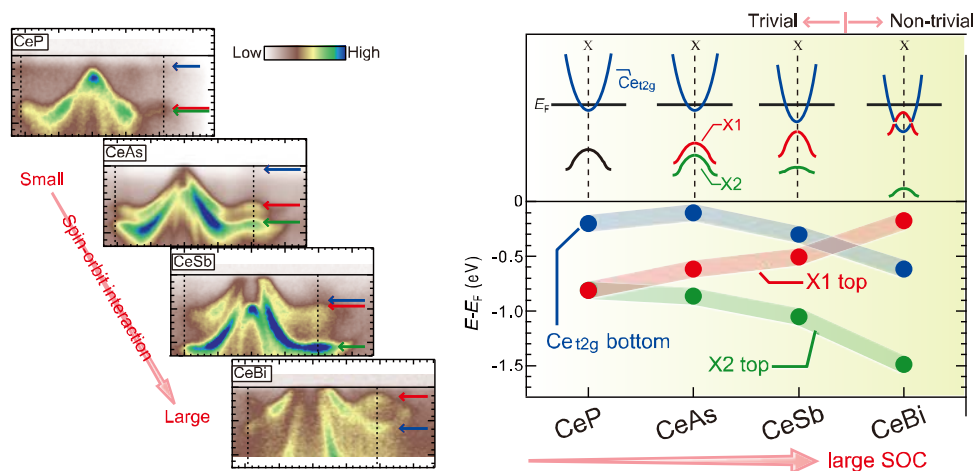


図 1: バルク敏感 SX-ARPES で捉えた CeX (X=P, As, Sb, Bi) の系統的なバルク電子構造の変化と実験的に決定したトポロジカル相図。

共鳴非弾性軟 X 線散乱を用いたペロブスカイト Ni 酸化物の 電荷秩序状態観測

Charge order excitation for perovskite nickel oxides probed by resonant inelastic soft X-ray scattering

山神 光平^{1,*}, 石井 賢司², 池田 啓祐¹, 平田 靖透¹, 宮脇 淳¹, 原田 慈久¹,
浅野 駿^{3,4}, 藤田 全基⁴, 和達 大樹¹

東大物性研¹, 量研機構², 東北大院理³, 東北大金研⁴

^{1,*}Kohei Yamagami, ²Kenji Ishii, ¹Keisuke Ikeda, ¹Yasuyuki Hirata, ¹Jun Miyawaki,
¹Yoshihisa Harada, ³Shun Asano, ³Masaki Fujita, and ¹Hiroki Wadati

¹ISSP, Univ. of Tokyo, ²QST, ³Dept. of Phys., Tohoku Univ., ⁴IMR, Tohoku Univ.

*kyamagami@issp.u-tokyo.ac.jp

層状ペロブスカイト型 Ni 酸化物 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{NiO}_{4+\delta}$ (LSNO) は $\text{La}_{2-x}(\text{Ba},\text{Sr})_x\text{CuO}_4$ (LBCO, LSCO) など高温超伝導と電荷/スピン秩序の関連性を調べる上でその性質解明が重要視されている。これまで、Ni K 端を用いた角度分解共鳴非弾性 X 線散乱(RIXS)によって電荷励起の運動量-エネルギー分散およびその温度依存性が調べられている[1,2]。しかし、弾性散乱強度が非常に強く、電荷励起の詳細な議論をする上で他の吸収端を用いた RIXS 測定が求められている。本研究は LBCO, LSCO で電荷励起観測に成功している O K 端 RIXS[3]を LSNO に適用し、電荷励起の運動量-エネルギー分散を観測した。

電荷秩序の有無による電荷励起を観測するためホールドーピング量 $n_h (\equiv x + 2\delta) = 0.1, 0.33$ の LSNO に対する酸素 K 端角度分解 RIXS を SPring-8 BL07LSU の発光分光エンドステーション HORNET で測定した。図に σ 偏光に対する入射エネルギー($h\nu_{\text{in}}$) 528.7 eV を用いた $n_h = 0.33$ の酸素 K 端 RIXS スペクトルを示す。準粒子励起に対応する 0.5-2.0 eV 付近に特徴的なピーク構造を観測した。これは、光学測定で得られた電荷励起と対応しており[4]、その運動量依存性は無視できるほど小さいことから局在性の強い励起だと考えられる。本発表は n_h 、温度依存性の結果も示し、LSNO と LBCO, LSCO の電荷秩序の違いについて議論する。

Reference

[1] S. Wakimoto *et al.*, Phys. Rev. Lett. **102**, 157001 (2009).

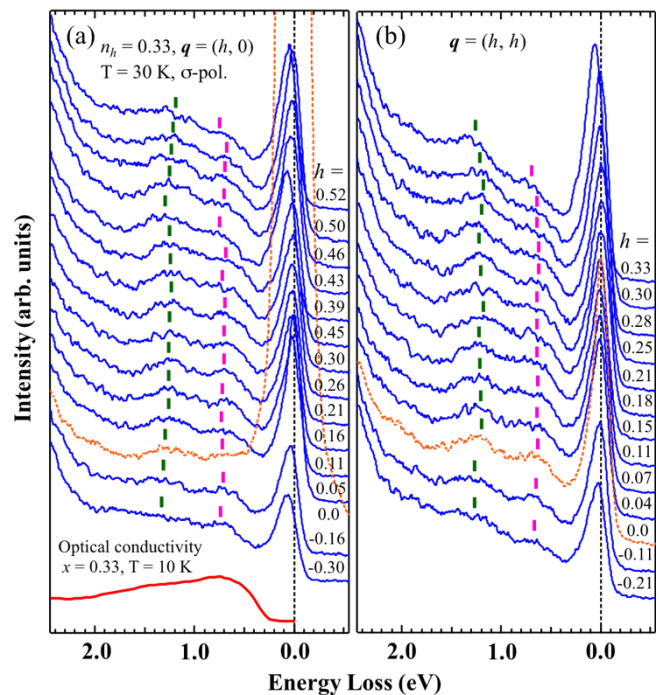
[2] L. Simonelli *et al.*, Phys. Rev. B **81**, 195124 (2010).

[3] K. Ishii *et al.*, Phys. Rev. B **96**, 115148 (2017).

[4] T. Katsufuji *et al.*, Phys. Rev. B **54**, 14230 (1996).

図: σ 偏光の $h\nu_{\text{in}} = 528.7$ eV に対する $n_h = 0.33$ の

(a) $[\pi, 0]$, (b) $[\pi, \pi]$ 方向における酸素 K 端 RIXS スペクトル。赤の実線は光学測定の結果[5]を示す。



軟 X 線のコヒーレンスを用いた小角散乱測定と Gd/Fe 超格子への適用

Small angle scattering measurement using coherence of soft x-ray and its application to Gd/Fe superlattice

山本 航平^{*1}, 山崎 裕一², 横山 優一², 平田 靖透¹, 山神 光平¹, 田久保耕¹,
Yujun Zhang¹, 池田 啓祐¹, 岩田 聡³, 加藤 剛志³, 有馬 孝尚⁴, 和達大樹¹

¹ 東大物性研, ² 物材機構, ³ 名大, ⁴ 東大新領域

Kohei Yamamoto¹, Yuichi Yamasaki², Yuichi Yokoyama², Yasuyuki Hirata¹,
Kohei Yamagami¹, Ko Takubo¹, Yujun Zhang¹, Keisuke Ikeda¹,
Satoshi Iwata³, Takeshi Kato³, Takahisa Arima⁴, Hiroki Wadati¹

¹ ISSP Univ. of Tokyo, ² NIMS, ³ Nagoya Univ, ⁴ FS Univ. of Tokyo

*yamako@issp.u-tokyo.ac.jp

磁場を用いず光のみによる磁化制御や磁化反転を起こすことは、その物理的起源の解明や記録媒体への応用の観点から多くの興味を集めている。Gd/Fe 超格子は Gd と Fe 間でスピンの反強磁性の相互作用があるためフェリ磁性を示し、弱い磁場印加によりスキルミオンが形成されることなどが特徴である[1]。本研究では、コヒーレント軟 X 線による X 線小角散乱により、集光レンズを用いずに実空間イメージングを目指した。軟 X 線領域に Fe などの 3d 遷移金属の L 吸収端があり磁気モーメントの情報が検出可能なため、コヒーレント共鳴軟 X 線小角散乱によりナノ領域の磁気イメージングを行うことができる。

コヒーレント共鳴軟 X 線小角散乱測定は SPring-8 の物性研ビームライン BL07LSU で Fig. 1 のようなセットアップを用いて行った。試料は Ta (5 nm) / [Gd (0.4 nm) / Fe_{0.9}Co_{0.1} (0.34 nm)]₈₀ / Ta (10 nm) / Si₃N₄ 膜であり、400-500 nm の磁区幅が Kerr 顕微鏡から得られている。試料を透過した軟 X 線の小角散乱の像を試料から 500mm 程度下流に設置した 2次元 CCD 検出器で測定した。

Fig. 2 に試料から得られた 704 eV(非共鳴、左)と 708 eV(Fe L3 共鳴、右)での X 線小角散乱の像を示す。708 eV では L3 共鳴の効果により磁気散乱を得ることに成功している。

さらに同じセットアップを SACLA BL1 (SXFEL)に設置し、レーザー光誘起の時間分解測定を見据えて実験を行っている。Extended reference を用いたホログラフィにより、テストパターンの回折像からの実像回復にも成功しており、こちらの結果と併せて報告したい。

参考文献

[1] J. C. T Lee et al., Appl. Phys. Lett. **109**, 022402 (2016).

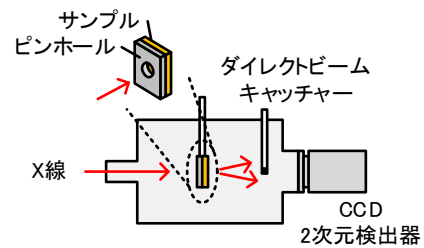


Fig. 1: 小角散乱セットアップ。

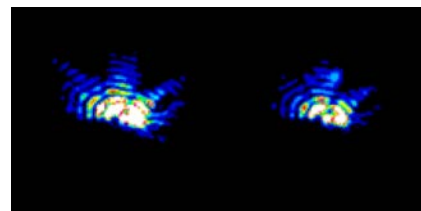


Fig. 2: Fe/Gd 薄膜からの小角散乱の回折像。704eV (左、非共鳴) と 708 eV (右、共鳴) での結果。

バルク敏感レーザー ARPES で観察する
反強磁性体 Ce モノプニクタイトの電子構造
(Electronic structure of novel antiferromagnetic Ce monopnictides
investigated by bulk-sensitive laser ARPES)

新井陽介^{1,*} 黒田健太¹, N. Rezaei², 鈴木博之^{1,3}, 芳賀芳範⁴, 国定聡¹, 櫻木俊輔¹,
M. Alaei², C. Bareille¹, 野口亮¹, 中山充大¹, 坂野昌人^{1,5}, 明比俊太郎¹, 岡崎浩三¹,
有田将司⁶, 徳永将史¹, 北澤英明³, 辛埴¹, 有田亮太郎^{5,7}, 近藤猛¹

¹東大物性研, ²Isfahan Univ. of Tech., ³物材機構, ⁴原研先端研,
⁵東大工, ⁶広島放射光セ, ⁷理研 CEMS

Y. Arai¹, K. Kuroda¹, N. Rezaei², H. S. Suzuki^{1,3}, Y. Haga⁴, S. Kunisada¹, S. Sakuragi¹,
M. Alaei², C. Bareille¹, R. Noguchi¹, M. Nakayama¹, M. Sakano^{1,5}, S. Akebi¹, K. Okazaki¹,
M. Arita⁶, M. Tokunaga¹, H. Kitazawa³, S. Shin¹, R. Arita^{5,7}, T. Kondo¹

¹ ISSP, The Univ of Tokyo, ² Isfahan Univ. of Tech., ³ NIMS, ⁴ JAEA,

⁵ Dept. of Appl. Phys., Univ. of Tokyo, ⁶ HiSOR, ⁷ RIKEN-CEMS

*arai@issp.u-tokyo.ac.jp

ある系において周波数の異なる複数の物理的性質が競合するとき、フラストレーションの効果が顕著になり、系は複雑かつ多彩な周期構造を示す。この現象は「悪魔の階段」や「悪魔の華」と呼ばれる[1]。この現象を示す代表的な物質として Ce4f¹ 状態をもつ半金属 Ce モノプニクタイト (CeX; X=P, As, Sb, Bi) がある。

CeX は単純な NaCl 型の結晶構造を取るにも関わらず、Ce 4f と伝導キャリアの混成効果により、多彩な長周期反強磁性構造を形成する。H-T 磁気相図の H=0 において CeSb は 7 個の磁気構造を、CeBi は 2 個の磁気構造を取ることが確認されている[2]。しかし、CeX はこれまで励起光源に He 放電管を用いた表面敏感な ARPES しか行われておらず、観測された電子構造はほとんど温度変化を示していない[3,4]。また、プニクタイトの p 軌道由来のホールキャリアと Ce 4f 軌道の混成 (p-f 混成モデル) を考慮して、このような異常な磁性を理解する試みがこれまでになされてきたが、そのミクロな起源はわかっていない。

本研究では、励起光に 7 eV レーザーを利用した高分解能・バルク敏感な ARPES による CeSb および CeBi の温度依存性測定を行った。その結果、温度変化と共に電子構造が劇的に変化する様子を明瞭に観測した。さらに、光源を 40 μm のスポットサイズに集光することで、CeSb において反強磁性方向の異なるドメインを分離し、異なるバンド分散を捉えた。

参考文献

[1] Per Bak and J. von Boehm, Phys. Rev. B **21**, 5297 (1980).

[2] J. Rossat-Mignod *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. **31**, 398 (1983).

[3] H. Kumigashira *et al.*, Phys. Rev. B **54**, 13 (1996)

[4] H. Kumigashira *et al.*, Phys. Rev. B **56**, 21 (1997)

Structure analysis of BaTiO₃ /Pt (111)/Si quasicrystal thin film by photoelectron diffraction

深見駿^a, 桃野浩樹^a, 荻昌史^a, Peng Dawei^a, 橋本由介^a,
松田博之^a, 田口宗孝^a, Stefan Förster^b, Wolf Widdra^b, 大門寛^a

^aNara Institute of Science and Technology(NAIST),

^bMartin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Shun Fukami: fukami.shun.fh2@ms.naist.jp

In recent years, Förster *et al* have found that Ba-TiO₃(BTO) (111) islands spread on Pt(111) bare substrate were making 2D-Oxide quasicrystal (OQC) layer, which have twelve symmetry by UHV annealing (at ~1113 K) [1][2]. The discovery of quasicrystals with perovskite-type metal oxides raises the possibility of incorporating various physical properties of perovskite compounds into quasicrystals. In previous work [1], a clear energy shift between BTO (111) (Ti⁴⁺) and OQC state (Ti³⁺) has been confirmed in Ti 2*p* photoelectron spectra. Furthermore, STM pattern showed that Ti has a unique structure of quasicrystal[1]. However, the atomic arrangements and electronic states of Ba and O in OQC states have not been clarified yet.

In this study, we tried to take photoelectron diffraction (PED) from Ba and O atoms in OQC state by using our high energy resolution photoelectron diffraction analyzer ``DELMA`` (*Display-type Ellipsoid Mesh Analyzer*) (Figure 1)[3]. Figure 2 is PED results of O 1*s* and Ba *MNN* Auger after O₂ annealing. This annealing condition should produce BTO (111) island and we have confirmed BTO (111) rich spots by RHEED. Surprisingly, the observed patterns were totally different from Pt 4*f* pattern from Pt(111). Figure 3 shows PEDs after UHV annealing ($T_{anneal} = 1113$ K), which should produce OQC. There are clear additional peaks both in O 1*s* and Ba *MNN*. Furthermore, RHEED and XPS showed OQC like surface which are clearly different from BTO (111) islands. We need to pick up pure OQC pattern from these results. We will discuss more details in the poster session.

References

- [1] Stefan Förster, Wolf Widdra *et al*, Nature **10**, Vol502, 215, october, (2013).
- [2] Stefan Förster, Wolf Widdra *et al*, Ann. Phys. (Berlin) **529** No.1–2, 1600250 (2017).
- [3] Hiroyuki Matsuda, Hiroshi Daimon, Phys. Rev. E, **71**, 066503 (2005).

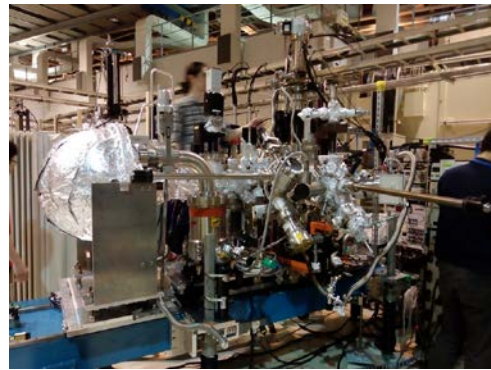


Fig.1 DELMA @ BL07LSU SPring-8

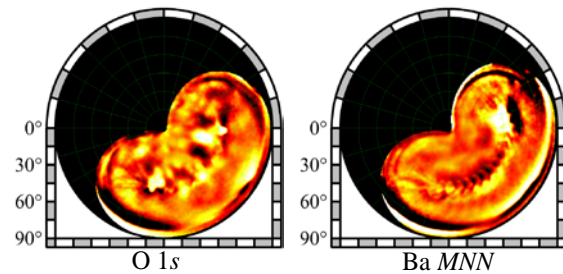


Fig.2 PEDs from BTO(111) ($T_{anneal} = 913$ K)

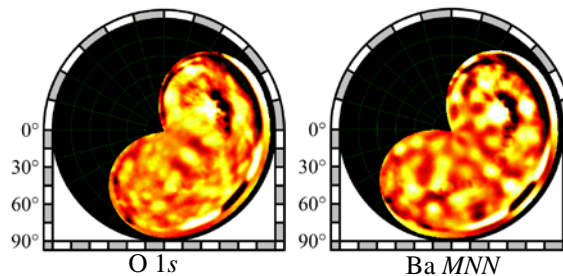


Fig.3 PEDs from OQC surface ($T_{anneal} = 1113$ K).

時間分解共鳴軟 X 線散乱による スピン軌道液体 $\text{Ba}_3\text{CuSb}_2\text{O}_9$ の光誘起ダイナミクス測定 Photoinduced dynamics of spin-orbital liquid $\text{Ba}_3\text{CuSb}_2\text{O}_9$ probed by time-resolved resonant soft x-ray scattering

田久保耕^{1,*}, 山本航平¹, 平田靖透¹, 和達大樹¹, Huiyuan Man¹, 中辻知¹
¹東大物性研

K. Takubo¹, K. Yamamoto¹, Y. Hirata¹, H. Wadati¹, H. Man¹, S. Nakatsuji¹

¹Institute for Solid State Physics, Univ of Tokyo

*ktakubo@issp.u-tokyo.ac.jp

スピンと電子構造のダイナミクスの研究として、遷移金属酸化物 $\text{Ba}_3\text{CuSb}_2\text{O}_9$ を取り上げる。六方晶の $\text{Ba}_3\text{CuSb}_2\text{O}_9$ は Cu サイトが $\text{Cu}^{2+}(\text{d}^9)$ であるにも関わらず最低温 (<20mK) まで静的なヤーンテラー歪み(軌道整列)を示さない[1]。構造のフラストレーションの効果により、スピン自由度に加えて軌道自由度も低温で凍結しない”量子スピン-軌道液体”の可能性が示唆され非常に注目される。定常状態の X 線回折、ESR[2]等の測定が行われ、(1) (001)面内の複数の Cu サイトのスピン・軌道の自由度が競合していること、(2) 軌道揺らぎ(複数サイトによる集団フォノン)が低温($T < 40\text{K}$)では 100 ps 程度以上の時間スケールを持ち凍結していること、等が間接的に示唆されてきた。一方、欠陥を含む斜方晶の $\text{Ba}_3\text{Cu}_{1-x}\text{Sb}_{2+x}\text{O}_9$ は 200K 以下でスピン-軌道の秩序を示す。本研究ではパルスレーザー照射により、 $\text{Ba}_3\text{CuSb}_2\text{O}_9$ の構造及び磁性・軌道を変化させ、その光励起-緩和のダイナミクスを Cu 吸収端の時間分解共鳴軟 X 線散乱(回折/Tr-RSXS)により観察した。測定は SPring-8 BL07LSU に建設した時間分解能 50 ps の Tr-RSXS 装置[3]で行った。パルスレーザーによる白色化された励起においては、構造転移が起きるとともに物質の様々なフォノンが誘起される。その結果、ダイナミクス上にフォノンの振動モード(所謂”コヒーレントフォノン”)が同時観察される、ということも光誘起ダイナミクス研究の特色の一つである。

図 1 に $Q=(002)$ における Cu L_3 端 ($h\nu=930.2\text{eV}$) の Tr-RSXS 強度の時間発展を示す。 $\text{Ba}_3\text{CuSb}_2\text{O}_9$ (六方晶)の時間発展上に 165 ps 程度の周期の長いコヒーレント振動が観測された。一方、斜方晶試料のダイナミクスには振動が観測されないように見える。 $Q=(002)$ は構造の回折であるが、RSXS は構造に加えて Cu $3d$ 軌道の状態を反映することが、温度変化の傾向から確かめられている。コヒーレント振動は複数の Cu サイトによるスピン-軌道の揺らぎをサイト選択的に可視化したものと想定される。

[1] S. Nakatsuji *et al.*, *Science* **336**, 559 (2012).

[2] Y. Han *et al.* *Phys. Rev. B* **92**, 180410 (2015).

[3] K. Takubo *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **110**, 162401 (2017).

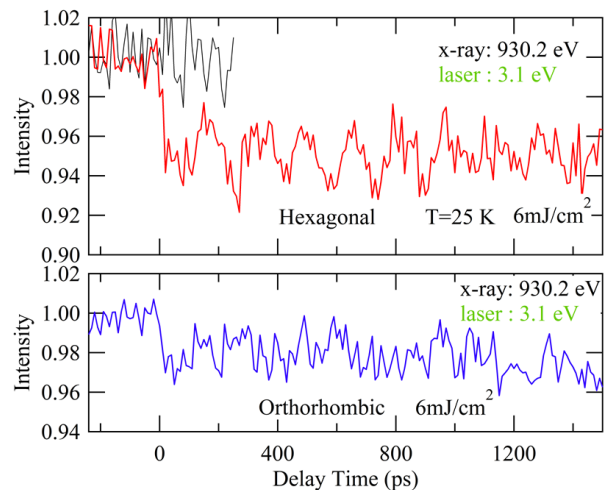


Fig. 1: $\text{Ba}_3\text{CuSb}_2\text{O}_9$ (六方晶、斜方晶)の Tr-RSXS 強度の時間発展

Nano-ARPES で選択観測する 弱いトポロジカル絶縁体 $\beta\text{-Bi}_4\text{I}_4$ の側面ディラック電子状態 Selective observation of the side surface state of a weak topological insulator $\beta\text{-Bi}_4\text{I}_4$ by nano-ARPES

野口亮¹, 高橋敬成², 黒田健太¹, 越智正之³, 白澤徹郎⁴, C. Bareille¹,
坂野昌人^{1,5}, 中山充大¹, M. Watson⁶, 矢治光一郎¹, 原沢あゆみ¹,
岩澤英明⁶, P. Dudin⁶, T. Kim⁶, M. Hoesch⁶, V. Kandyba⁷, A. Giampietri⁷,
A. Barinov⁷, 辛埴¹, 有田亮太郎⁸, 笹川崇男², 近藤猛¹
¹東大物性研, ²東工大フロンティア研, ³阪大院理, ⁴産総研, ⁵東大工,
⁶Diamond Light Source, ⁷Elettra-Sincrotrone Trieste, ⁸理研 CEMS
R. Noguchi¹, T. Takahashi², K. Kuroda¹, M. Ochi³, T. Shirasawa⁴,
C. Bareille¹, M. Sakano^{1,5}, M. Nakayama¹, M. Watson⁶, K. Yaji¹, A. Harasawa¹,
H. Iwasawa⁶, P. Dudin⁶, T. Kim⁶, M. Hoesch⁶, V. Kandyba⁷, A. Giampietri⁷,
A. Barinov⁷, S. Shin¹, R. Arita⁸, T. Sasagawa², T. Kondo¹
¹ISSP, Univ. of Tokyo, ²MSL, Tokyo Tech., ³Dept. of Phys., Osaka University,
⁴AIST, ⁵Dept. of Appl. Phys., Univ. of Tokyo, ⁶Diamond Light Source,
⁷Elettra-Sincrotrone Trieste, ⁸RIKEN CEMS
r-noguchi@issp.u-tokyo.ac.jp

近年、トポロジカルに非自明な電子構造をもつ物質ではそのトポロジーに応じてトポロジカル表面電子状態 (TSS) が出現することが予測され [1]、角度分解光電子分光 (ARPES) による電子状態の直接観測によってその性質が検証されてきた。その代表例がすべての表面に TSS が存在する強いトポロジカル絶縁体 (STI) である [2]。一方で、STI と同時に予測された弱いトポロジカル絶縁体 (WTI) では、特定の表面のみに TSS が出現するが、これまでの WTI 候補物質では表面状態の出現が劈開しない表面に限られていたため、従来の ARPES による TSS の観測は行われていなかった。

そこで、我々は近年開発された、1 μm 以下の空間分解能を有する放射光 nano-ARPES 装置を用いた顕微測定を行った。擬一次元の結晶構造をもつ WTI 候補物質 $\beta\text{-Bi}_4\text{I}_4$ [3,4] は、その構造を反映して上面 (001) と側面 (100) の二つの面で劈開する。この性質を利用して、nano-ARPES による表面選択測定を行うことで、側面である (100) 面のみに WTI 相の証拠となる擬一次元 TSS が出現することを明らかにした [5]。

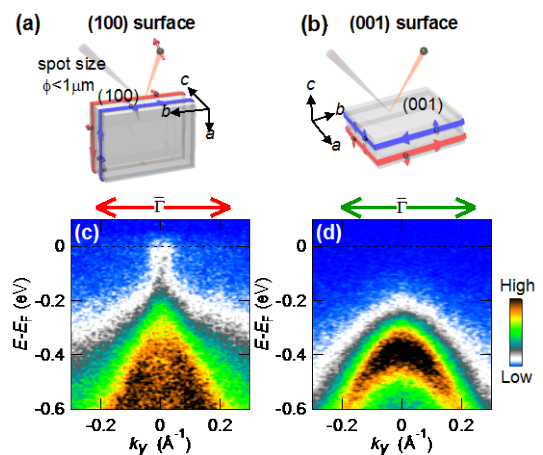


図 1 (a) 側面である(100)面と(b) 上面である(001)面の nano-ARPES 測定の概略。(c) (100)面と(d) (001)面の Γ 点を通る ARPES イメージ。

- [1] L. Fu and C. L. Kane, Phys. Rev. B 76, 45302 (2007).
- [2] Y. Xia *et al.*, Nat. Phys. 5, 398 (2009).他
- [3] G. Autès *et al.*, Nat. Mater. 15, 154 (2015).
- [4] C.-C. Liu *et al.*, Phys. Rev. Lett. 116, 66801 (2016).
- [5] R. Noguchi *et al.*, arXiv: 1802.03860 (2018).

バルク層状反強磁性体 EuSn_2As_2 における
磁気に結合した二次元電子状態の観測
**Observation of magnetically combined two-dimensional
electronic states in a bulk layered antiferromagnet EuSn_2As_2**

櫻木俊輔^{1,*}, 坂上良介², 黒田健太¹, C. Bareille¹, 東伸彦², 岩竹翼², 佐々木秀³,
明石遼介³, 土居抄太郎³, 辻本直人³, 國定聡¹, 野口亮¹, 黒川輝風¹,
T. K. Kim⁴, C. Cacho⁴, 辛埴¹, 神原陽一², 近藤猛¹
¹東大物性研, ²慶大物情, ³東大理, ⁴ Diamond Light Source
S. Sakuragi¹, R. Sakagami², K. Kuroda¹, C. Bareille¹, N. Azuma², T. Iwatake², S. Sasaki³,
R. Akashi³, S. Doi³, N. Tsujimoto³, S. Kunisada¹, R. Noguchi¹, K. Kurokawa¹,
T. K. Kim⁴, C. Cacho⁴, S. Shin¹, Y. Kamihara², and T. Kondo¹
¹ISSP, The Univ. of Tokyo, ²Dept. of Appl. Phys., Keio Univ.,
³Dept. of Phys., The Univ. of Tokyo, ⁴ Diamond Light Source
*sakuragi@issp.u-tokyo.ac.jp

近年、新奇機能性材料の創出の観点から、機能性二次元材料をファンデルワールス力により積層した層状物質が注目を集めている。これらの物質系では、層間の電氣的、光学的、またスピン軌道結合を自在に設計し、制御することが可能になると期待される[1]。このような観点から、我々は二次元(層内)強磁性 Eu 層により二枚の SnAs 層が挟まれた EuSn_2As_2 に関して研究を行った。

EuSn_2As_2 では、Eu のスピン分極は層間で反強磁性的に秩序し、ネール温度 T_N は約 25 K である[2]。本試料[3]に関して電気抵抗率を測定したところ、 T_N 以下で抵抗が上昇することが明らかになった。角度分解光電子分光(ARPES)によりバンド分散を評価したところ、 Γ 点のフェルミレベル近傍において、 T_N 以上では三次元的なバンド分散が観測されるのに対し、 T_N 以下では二次元的なバンド分散が観測され、それがフェルミ面の形状を変調することが明らかになった。本結果は、Eu の磁気秩序が電子系の次元を変調することでマクロな電気伝導特性に影響を与えることを明らかにし、層状物質の創生による物質のバンドエンジニアリングにスピンが強く影響を与えることを示唆する。発表では、ARPES 測定と第一原理計算との比較より、Eu スピンによる電子系の次元のスイッチングの起源に関して議論を行う。

参考文献

- [1] H. Masuda *et al.*, *Science Adv.* **2**, e1501117 (2016).
[2] M. Q. Arguilla *et al.*, *Inorg. Chem. Front.* **4**, 378 (2017).
[3] R. Sakagami, *et al.*, *Mater. Sci. Tech. Jpn.* **55**, 72 (2018).