

令和 3 年 4 月 27 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01139

研究課題名（和文）角度分解光電子分光による原子層薄膜における超伝導とスピン軌道相互作用の研究

研究課題名（英文）Superconductivity and spin-orbit interaction in atomically thin films studied by ARPES

研究代表者

佐藤 宇史（Sato, Takafumi）

東北大学・材料科学高等研究所・教授

研究者番号：10361065

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,500,000円

研究成果の概要（和文）：高分解能スピン分解ARPESを、原子層レベルで制御した高品質超薄膜の作製と高度に融合させることで、物性に直接関与するフェルミ準位近傍のエネルギーバンド構造に基づく原子層薄膜の機能物性を開拓した。遷移金属ダイカルコゲナイドでは、いくつかの新しい原子層薄膜の作製とその電子状態の精密解明に成功し、エネルギーギャップ形成など特異な電子構造の振る舞い明らかにするとともに、次元性制御の新しい方法を考案した。また、トポロジカル絶縁体やラッシュバ金属を含むハイブリッド薄膜や鉄系超伝導体薄膜においてディラック電子が現れることを見出し、その振る舞いにスピン軌道相互作用や対称性が密接に関与していることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において実現した、電子バンド構造の可視化に基づいた新型原子層薄膜の探索、電子構造における新しい次元性制御法の考案、トポロジカル絶縁体ヘテロ構造や新しいタイプの近接効果を利用した表面ディラック電子の制御方法の提案などは、原子層物質および関連ハイブリッド材料の研究における新しい方向性を示すものであり、固体物理学だけに留まらず、より広い分野での物質科学においてその手法が応用できると期待される。また、本成果に基づいて原子層物質の機能性を更に向上させることで、原子層物質分野の基礎研究だけでなく、次世代省エネルギーデバイスなどのへの応用研究も進展すると期待される。

研究成果の概要（英文）：We have investigated new types of atomic-layer materials based on the understanding of energy band structure in the vicinity of the Fermi level responsible for the physical properties, by integrating high-resolution spin-resolved ARPES technique and fabrication of high-quality ultrathin films using molecular-beam epitaxy. In transition-metal dichalcogenides (TMDs), we fabricated some new monolayer compounds and accurately elucidated their unusual electronic states such as the energy gap. We also proposed a new method to control dimensionality of the TMDs. Moreover, we found Dirac electrons in the iron-based-superconductor thin films and hybrid thin films involving topological insulators and Rashba metals, and found that its appearance is governed by a few key parameters such as the spin-orbit interactions and crystal symmetry.

研究分野：光電子固体物性

キーワード：原子層薄膜 バンド構造 スピン軌道相互作用 超伝導 ディラック電子

## 1. 研究開始当初の背景

近年、単一原子層物質であるグラフェン、バルクの超伝導転移温度を凌駕する単層 FeSe 薄膜、対称性によって保護されたトポロジカル絶縁体の表面ディラック電子状態など、新たな機能性物質の発見が2次元電子系で相次ぎ、注目を集めている。これらの物質群では、物質中における電子の相対論的効果や電子状態におけるトポロジーなど、新たな物理概念の導入と、それに基づく新奇な巨視的量子現象の予測が頻繁に報告されている。一方で、理論的に提案されている新現象の多くは実験的な検証段階にあり、これらを実現するための研究が盛んに行われている。また、原子層薄膜は、デバイス開発研究とも親和性が高く、その研究領域は基礎だけでなく応用に至るまでの幅広い分野にまで波及している。このように、新たな物性・デバイス分野を構築できる母体として、原子層薄膜は高い潜在性を持っている。新しい原子層薄膜の開拓と新奇物性の実現には、物質機能を如何に高度化していくかという点で、電子構造に立脚した明確な戦略が必要である。原子層薄膜における新しい機能性を創出するには、原子層薄膜の電子状態の完全評価と、これに基づく戦略的な物質開発を、それぞれ単独ではなく、同じプラットフォーム上で遂行する必要がある。物質の電子状態を直接決定することのできる光電子分光は電子の「エネルギー」と「運動量」を直接同時に測定できる強力な実験手法であり、新機能物質の発見と物性発現機構の解明に大きな役割を果たしてきた。原子層薄膜においては、薄膜化による量子サイズ効果、表面・界面の量子状態、に加えて、空間対称性の破れに起因したスピン軌道相互作用が、薄膜に特有な電子状態を形成する。とりわけ、スピントロニクス分野で盛んに研究されているラシュバ効果や、新量子現象が期待されるトポロジカル絶縁体の表面ディラック電子状態において、スピン軌道相互作用によるバンドのスピン分裂や運動量に依存したスピン構造は、特異なスピン物性の発現に密接な関わりを持つ。原子層薄膜の精密評価を行う研究においては、必然的にそのような物性機能に関わる電子構造をスピンまで含めて解明する事が大きな課題となるが、そのような研究は、世界的にみてもあまり進んでいない。原子層超薄膜に固有の電子構造が、その特異な物性とどのような関わりを持つかが不明確なままでは、真に新しい原子層物質の開発を進めることは困難である。

## 2. 研究の目的

本研究では、新たな原子層物質・物性を創発するために、代表者らが培ってきた「高分解能スピン分解 ARPES 技術」を、「原子層レベルで制御した高品質超薄膜の作製技術」と高度に融合させて、物性に直接関与するようなフェルミ準位近傍のエネルギーバンド構造に基づいた原子層薄膜の新機能物性探索を行い、高い超伝導転移温度( $T_c$ )を有する原子層鉄系高温超伝導体やスピン軌道相互作用に由来した特異な電子構造を持つ新奇な原子層薄膜を創出することを目的とする。

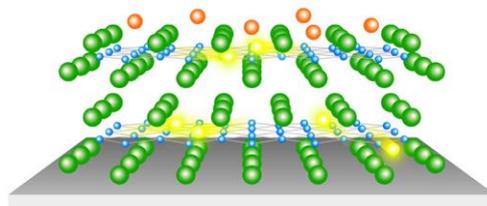


図1 FeSe 高温超伝導薄膜

【期間内の達成目標】上記の目的を達成するために、スピン分解光電子分光装置の大幅な性能向上を実現し、その装置を用いて原子層物質における研究を、以下の項目を中心に据えて行う。

- (1) **多チャンネルスピン検出型光電子分光装置の開発:** 多チャンネル型のスピン分析器を開発して現有の光電子分光装置に組み込み、分析器とのマッチング調整、分子線エピタキシー(MBE)薄膜作製装置の改良を行う。
- (2) **高温超伝導薄膜・界面超伝導:** FeSe 薄膜(図1)の基板の種類と成長条件を最適化し、分子吸着、インターカレーションなどによって高キャリア濃度を実現し、液体窒素温度を超える  $T_c$  を目指す。高温超伝導体とラシュバ金属・トポロジカル絶縁体薄膜のヘテロ構造を作製し、原子層薄膜あるいは界面に超伝導を誘起する。超伝導ギャップの精密測定などによりマヨラナ準粒子形成の母体となる電子構造を確立する。
- (3) **新型原子層物質・超伝導グラフェン:** MBE 法により、遷移金属ダイカルコゲナイド(TMD)をベースとする新型原子層物質を作製し、その電子構造を確立する。また積層数を制御したグラフェンを作製し、アルカリ土類金属などの種々の元素をインターカレーションしてキャリアドーピングを施すことで高い  $T_c$  の実現を目指す。
- (4) **スピン軌道相互作用と超伝導の協奏:** TMD 薄膜および関連トポロジカル物質、さらにそれらにキ

キャリアドープした系における電子構造を決定し、超伝導を探索する。空間反転対称性の破れによって生じるスピニ偏極バンドと特異物性発現機構との関連を明らかにする。

- (5) **二次元モット絶縁体・新奇半金属相**: 原子層 TMD 薄膜における結晶構造制御を行い、二次元モット絶縁相を実現すると同時に、キャリアドープによって金属-絶縁体転移を誘起する。ディラック、ワイル、および線ノード半金属候補物質の原子層薄膜を作製し、その電子構造を解明する。ドープニングにより非従来型の超伝導の実現を目指し、スピニ分解 ARPES によって超伝導とスピニ偏極電子構造との関連を明らかにする。

### 3. 研究の方法

本研究では、上で述べた目的を達成するために、多チャンネルスピニ検出型光電子分光装置を開発して原子層薄膜の電子構造を決定し、新しい原子層薄膜を創出する。具体的には、(i)鉄系高温超伝導薄膜における高い  $T_c$  の実現、(ii)異種物質どうしのヘテロ構造作製による空間反転対称性の破れた超伝導の実現、(iii)超伝導2層グラフェン層間化合物の創出、(iv)原子層 TMD 薄膜の精密構造制御とキャリア注入による新奇モット絶縁相と超伝導の実現、(v)新奇半金属の原子層化とそれに伴う特異電子構造の実現、などを中心とした研究を行い、原子層薄膜における超伝導やスピニ軌道相互作用と基盤電子構造との関連を明らかにする。

### 4. 研究成果

以下では、達成目標ごとに主な研究成果について述べる。

#### (1) 多チャンネルスピニ検出型光電子分光装置の開発

低エネルギー励起光源を搭載したスピニ分解 ARPES 装置を開発した。励起光源の光学系の設計・構築、電子分析システムとの同期調整、低エネルギー電子軌道シミュレーションによる光電子イメージの分解能・スピニ検出効率を最適化するパラメータの最適化、など装置全体のマッチング調整を行うことで、2 次元的なブリルアンゾーン中の任意の位置を指定して、これまで以上に比べて格段に高い効率でスピニ分解 ARPES 実験ができるようになった(図 2)。

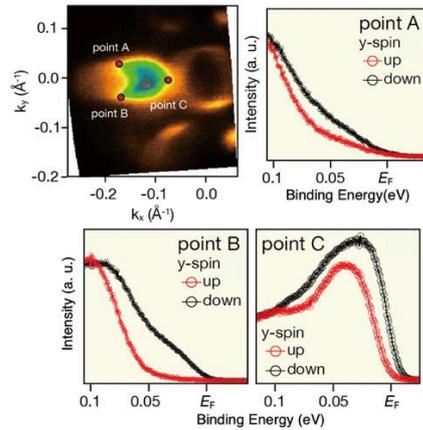


図 2: 開発した装置で測定した Sb(111)におけるスピニ分解 ARPES スペクトル

#### (2) 高温超伝導薄膜・界面超伝導 (物質系: FeSe)

MBE 法で作製した SrTiO<sub>3</sub> 基板上の FeSe においてアニール条件を最適化することによって、基板からの電子ドープを抑えたノンドープの単層 FeSe 薄膜を作製することに成功した。薄膜の電子状態を *in-situ* ARPES によって決定した結果、バルク FeSe と類似したネマティック状態が低温で安定化することを見出した。この状態では、ブリルアンゾーンの M 点の近傍でのみフェルミ準位を交差するディラックコーンバンド(図 3)が存在しており、このバンドは系のもつ鏡映対称性によって保護されていることを見出した。さらに2層以上の膜厚の領域では、ブリルアンゾーンのΓ点におけるホールバンドがフェルミ準位を交差しており、ディラック半金属にはならないことがわかった。以上の実験結果から、ノンドープ単層 FeSe が 2 次元ディラック半金属であると結論した。

また、MBE 法とトポクティック法を組み合わせることで、高品質 FeS 原子層薄膜の作製に初めて成功した。ARPES によって FeS と FeSe 薄膜の電子構造を精密に測定した結果、両者とも「基板の格子振動」や「基板から薄膜への電荷移動」が存在するという共通点を持つにも拘らず、FeS 超薄膜では高温超伝導が起こらないことを見出した。この結果は、これまで高温超伝導の起源として有力であると考えられてきたこれらの要素だけでは高温超伝導を説明できないことを示している。

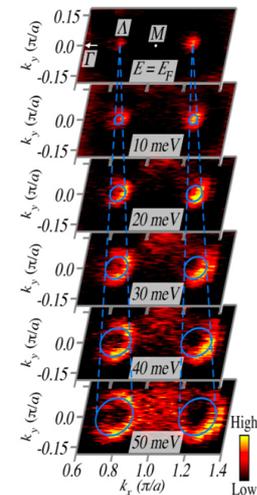


図 3: ノンドープ単層 FeSe におけるディラックコーンバンド

#### (3) 新型原子層物質・超伝導グラフェン (物質系: 主に TMD)

1T-VSe<sub>2</sub> の単層薄膜の作製に成功し、フェルミ面とバンド構造を精度良く決定した。その結果、この物質の CDW 転移温度がバルクに比べ大

幅に上昇し、さらに電荷密度波(CDW)転移温度より高い温度において、「擬ギャップ」と「フェルミアーク」と呼ばれる特異な電子状態が実現していることを明らかにした(図 4)。さらに、フェルミ面のネスティングが良い波数領域で異方的な擬ギャップが存在し、その振る舞いが銅酸化物高温超伝導体とよく類似していることから、反強磁性相互作用が無い場合でも銅酸化物高温超伝導体と類似の擬ギャップが現れる可能性を初めて明らかにした。

また、 $\text{VSe}_2$  の類似物質である  $1\text{T-VTe}_2$  の単層薄膜の作製にも成功した。電子構造を精度良く決定した結果、バルクとは大きく異なり、原子層では  $1\text{T}$  構造が安定化することを見出した。さらに、低温の電子状態は、 $\text{VSe}_2$  とは異なり、金属的な振る舞いを示すことも明らかにした。これらの結果は、V 系 TMD 原子層において、フェルミ面のトポロジーが CDW 発現の有無に重要な役割を果たすことを示している。

$\text{HfTe}_2$  のバルク単結晶では、簡便な次元性制御手法を確立した。これまで原子層化に用いられてきた剥離法や MBE 法は多くの工程を必要とするうえ単一試料での次元性制御が難しいという問題点があった。そこで、 $\text{HfTe}_2$  に K 原子を蒸着して層間にインターカレーションさせることで、表面近傍の電子状態が三次元から二次元へと系統的に変化することを見出した(図 5)。この結果は、アルカリ金属の蒸着といった簡便な手法で層状物質の表面近傍における次元性を制御できることを示している。

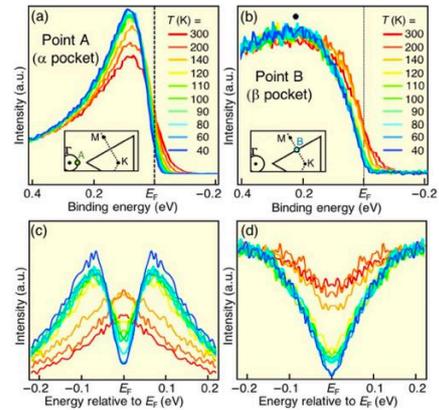


図 4: 単層  $1\text{T-VSe}_2$  で観測したエネルギーギャップの温度変化

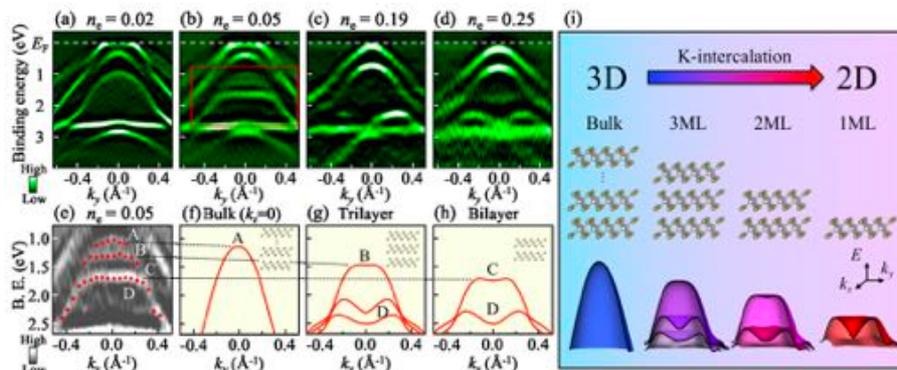


図 5:  $\text{HfTe}_2$  への K インターカレーションによる表面近傍における次元性制御

(4) スピン軌道相互作用と超伝導の協奏 (物質系:トポロジカル絶縁体ハイブリッド, ラシユバ金属)

**トポロジカル絶縁体ハイブリッド:** MBE 法により、ファンデルワールス強磁性体  $\text{Cr}_2\text{Si}_2\text{Te}_6$ (CST)の上にトポロジカル絶縁体  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  薄膜を作製し、その電子状態を ARPES によって調べた結果、 $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  の膜厚が 6 quintuple layer (QL) の場合は表面ディラック電子に CST 基板からの影響は見られないものの、2QL の薄膜では、 $\text{Si}(111)$  の  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  に比べてディラック点のエネルギーとギャップサイズに顕著な差異があることを見出した。このことから、界面を通したバンド混成の重要性を明らかにした。

6QL の  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  上に  $n\text{QL}$  の  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  を作製し、その電子構造を系統的に調べた結果、 $n=0$  において過剰に電子ドーパされた

トポロジカル状態が、 $n$  の増加によって低結合エネルギー側にシフトし、フェルミ面がより強いワーピング効果を示すことを見出した(図 6)。これらの結果は、ディラック電子制御を実現するためにトポロジカル

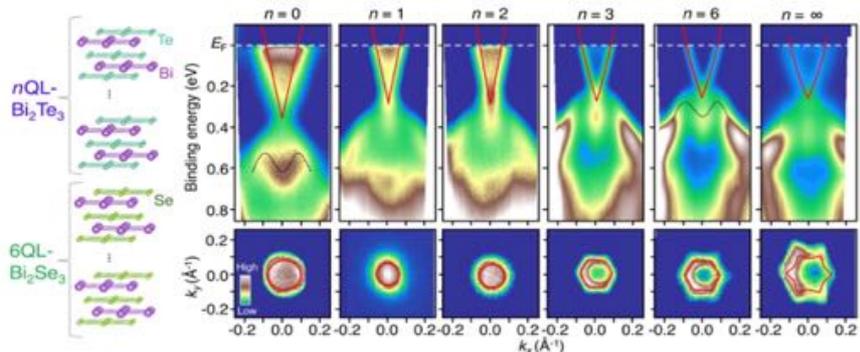


図 6:  $n\text{QL-Bi}_2\text{Te}_3/6\text{QL-Bi}_2\text{Se}_3$  ヘテロ構造における電子構造の  $n$  依存性

絶縁体どうしの積層構造を利用するという新しい方法を提案するものである。

**ラッシュバ金属:** よく知られた CDW 物質である  $1T\text{-TaS}_2$  上に MBE 法によって作製した Bi 薄膜において、膜厚の減少に伴い結晶構造が(111)から(110)に相転移することを明らかにした。TaS<sub>2</sub> 上の Bi(110)においては、フェルミ準位近傍でスピン軌道相互作用によって生じた直線的な分散を示すディラック

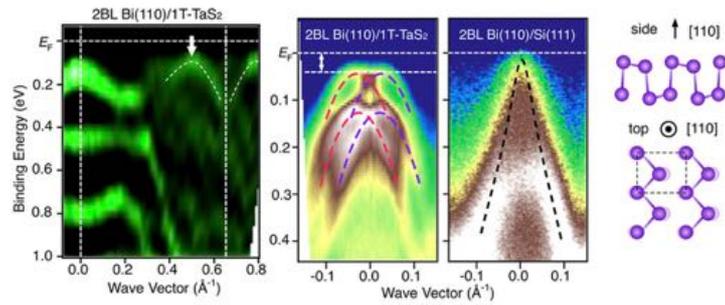


図 7: Bi(110)/1T-TaS<sub>2</sub> で観測されたディラック電子バンドのエネルギーギャップ

型電子バンドにエネルギーギャップを観測した一方で、Si 上の Bi(110)では、そのようなギャップは観測されなかった(図 7)。このことから、これまで用いられてきたどの手法とも異なる「CDW 近接効果」によってディラック電子の質量が制御できる、という新しい概念を提案した。

MBE 法によって銅酸化物高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ (Bi2212)上に Bi(110)超薄膜を作製し、超伝導近接効果によって Bi に巨大なエネルギーギャップを誘起することに成功した。エネルギーギャップが Bi2212 の超伝導転移温度近傍まで残ることから、Bi(110)/Bi2212 の電子状態が「高温トポジカル超伝導」の発現に適していると結論した。

MBE 法によって Si 上に Bi(111)薄膜を作製し、低エネルギー光を用いてバンド構造の温度変化を測定した結果、量子井戸準位およびラッシュバ表面状態のバンド構造が劇的な温度変化を示すことを明らかにした(図 8)。第一原理計算との比較により、この変化は表面第 1 層の Bi バイレイヤの層間距離が温度上昇によって拡張するために生じると結論した。この結果は、バンド構造の温度変化によって結晶格子と電子構造の関わりを調べる新たな方法を提案するものである。

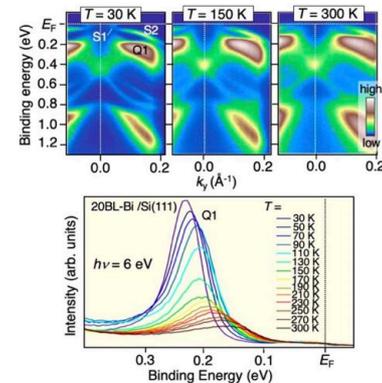


図 8: Bi(111)で観測されたバンド構造の劇的な温度変化

(5) 二次元モット絶縁体:新奇半金属相 (物質系: 原子層 TMD, 新型トポジカル半金属)

**二次元モット絶縁体:** MBE 法により  $1T\text{-TaSe}_2$  および  $1T\text{-NbSe}_2$  の単層薄膜を作製し、ダビデの星と呼ばれる CDW 状態を伴うモット絶縁相が、表面電子ドーピング、光励起、および熱励起に対して極めて強固に存在し、少なくとも 450 K の高温までモットハバードバンドが残存していることを見出した。このことから、より高温でのモット絶縁体相の安定化には、系の次元性と電子相関効果が重要であると結論した。

**新奇半金属相:** スピン軌道相互作用が鍵を握る種々のトポジカル半金属候補物質において、電子構造を特徴付ける点および線ノード構造を直接観測することに成功した。

CaAgAs においては、この物質が線ノードからなるディラック電子を内包した新種のトポジカル絶縁体であることを明らかにした。さらに、この線ノード型ディラック電子が、結晶の鏡映対称性によって安定化していることも明らかにした。鏡映対称性によるディラック電子の安定化は、 $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  や  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  などのよく知られたトポジカル絶縁体には無い性質であり、この結果は、結晶の鏡映対称性が新型トポジカル・原子層物質探索の鍵となることを示したものである。

CaAuAs においては、バルクブリルアンゾーン全体の電子構造を決定し、2次元と3次元のフェルミ面が共存していることを明らかにした(図 9)。さらに、 $\Gamma$ 点において価電子帯と伝導帯のバンド反転を示唆するバンド構造が観測されたことから、この物質が新型の3次元トポジカルディラック半金属であることを強く示唆した。

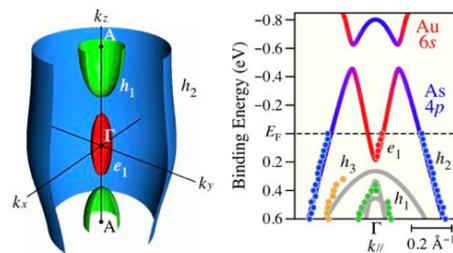


図 9: CaAuAs のフェルミ面の模式図(左)とバンド反転構造(右)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nakayama Kosuke, Wang Zhiwei, Takane Daichi, Souma Seigo, Kubota Yuya, Nakata Yuki, Cacho Cephise, Kim Timur, Ekahana Sandy Adhitia, Shi Ming, Kitamura Miho, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Takahashi Takashi, Ando Yoichi, Sato Takafumi	4. 巻 102
2. 論文標題 Observation of inverted band structure in the topological Dirac semimetal candidate CaAuAs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 041104(R)-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.041104	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Sato Takafumi, Yamada Keiko, Kosaka Takao, Souma Seigo, Yamauchi Kunihiko, Sugawara Katsuaki, Oguchi Tamio, Takahashi Takashi	4. 巻 102
2. 論文標題 Unusual temperature evolution of the band structure of Bi(111) studied by angle-resolved photoemission spectroscopy and density functional theory	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 085112-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.085112	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kato Takemi, Sugawara Katsuaki, Ito Naohiro, Yamauchi Kunihiko, Sato Takumi, Oguchi Tamio, Takahashi Takashi, Shiomi Yuki, Saitoh Eiji, Sato Takafumi	4. 巻 4
2. 論文標題 Modulation of Dirac electrons in epitaxial Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> ultrathin films on van der Waals ferromagnet Cr <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> Te <sub>6</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 084202-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.4.084202	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sato Takafumi, Wang Zhiwei, Takane Daichi, Souma Seigo, Cui Chaoxi, Li Yongkai, Nakayama Kosuke, Kawakami Tappei, Kubota Yuya, Cacho Cephise, Kim Timur K., Arab Arian, Strocov Vladimir N., Yao Yugu, Takahashi Takashi	4. 巻 2
2. 論文標題 Signature of band inversion in the antiferromagnetic phase of axion insulator candidate EuIn <sub>2</sub> As <sub>2</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 033342-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.033342	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nakayama Kosuke, Shigekawa Koshin, Sugawara Katsuaki, Takahashi Takashi, Sato Takafumi	4. 巻 13
2. 論文標題 Unusual Temperature Evolution of Quasiparticle Band Dispersion in Electron-Doped FeSe Films	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Symmetry	6. 最初と最後の頁 155 ~ 155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sym13020155	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sato Takumi, Sugawara Katsuaki, Kato Takemi, Nakata Yuki, Souma Seigo, Yamauchi Kunihiko, Oguchi Tamio, Takahashi Takashi, Sato Takafumi	4. 巻 3
2. 論文標題 Manipulation of Dirac Cone in Topological Insulator/Topological Insulator Heterostructure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Electronic Materials	6. 最初と最後の頁 1080 ~ 1085
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.0c00918	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakayama Kosuke, Souma Seigo, Trang Chi Xuan, Takane Daichi, Chen Chaoyu, Avila Jose, Takahashi Takashi, Sasaki Satoshi, Segawa Kouji, Asensio Maria Carmen, Ando Yoichi, Sato Takafumi	4. 巻 19
2. 論文標題 Nanososaic of Topological Dirac States on the Surface of Pb5Bi24Se41 Observed by Nano-ARPES	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 3737 ~ 3742
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.9b00875	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nakamura Takechika, Souma Seigo, Wang Zhiwei, Yamauchi Kunihiko, Takane Daichi, Oinuma Hikaru, Nakayama Kosuke, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Oguchi Tamio, Takahashi Takashi, Ando Yoichi, Sato Takafumi	4. 巻 99
2. 論文標題 Evidence for bulk nodal loops and universality of Dirac-node arc surface states in ZrGeXc (Xc=S, Se, Te)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 245105-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.245105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sugawara Katsuaki, Nakata Yuki, Fujii Kazuki, Nakayama Kosuke, Souma Seigo, Takahashi Takashi, Sato Takafumi	4. 巻 99
2. 論文標題 Monolayer VTe <sub>2</sub> : Incommensurate Fermi surface nesting and suppression of charge density waves	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 241404-1-6(R)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.99.241404	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakata Y., Sugawara K., Chainani A., Yamauchi K., Nakayama K., Souma S., Chuang P.-Y., Cheng C.-M., Oguchi T., Ueno K., Takahashi T., Sato T.	4. 巻 3
2. 論文標題 Dimensionality reduction and band quantization induced by potassium intercalation in 1T-HfTe <sub>2</sub>	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 071001-1-6(R)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.3.071001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Owada Kenta, Nakayama Kosuke, Tsubono Ryuji, Shigekawa Koshin, Sugawara Katsuaki, Takahashi Takashi, Sato Takafumi	4. 巻 100
2. 論文標題 Electronic structure of a Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> /FeTe heterostructure: Implications for unconventional superconductivity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 064518-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.064518	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Oinuma Hikaru, Souma Seigo, Nakayama Kosuke, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Yoshida Makoto, Ochiai Akira, Takahashi Takashi, Sato Takafumi	4. 巻 100
2. 論文標題 Unusual change in the Dirac-cone energy band upon a two-step magnetic transition in CeBi	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 125122-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.100.125122	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shigekawa Koshin, Nakayama Kosuke, Kuno Masato, Phan Giao N., Owada Kenta, Sugawara Katsuaki, Takahashi Takashi, Sato Takafumi	4. 巻 116
2. 論文標題 Dichotomy of superconductivity between monolayer FeS and FeSe	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 24470 ~ 24474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1912836116	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 C. X. Trang, N. Shimamura, K. Nakayama, S. Souma, K. Sugawara, I. Watanabe, K. Yamauchi, T. Oguchi, K. Segawa, T. Takahashi, Yoichi Ando, and T. Sato	4. 巻 11
2. 論文標題 Conversion of a conventional superconductor into a topological superconductor by topological proximity effect	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 159-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-1394-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Takane Daichi, Wang Zhiwei, Souma Seigo, Nakayama Kosuke, Nakamura Takechika, Oinuma Hikaru, Nakata Yuki, Iwasawa Hideaki, Cacho Cephise, Kim Timur, Horiba Koji, Kumigashira Hiroshi, Takahashi Takashi, Ando Yoichi, Sato Takafumi	4. 巻 122
2. 論文標題 Observation of Chiral Fermions with a Large Topological Charge and Associated Fermi-Arc Surface States in CoSi	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 076402-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.122.076402	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamada Keiko, Souma Seigo, Yamauchi Kunihiko, Shimamura Natsumi, Sugawara Katsuaki, Trang Chi Xuan, Oguchi Tamio, Ueno Keiji, Takahashi Takashi, Sato Takafumi	4. 巻 18
2. 論文標題 Ultrathin Bismuth Film on 1T-TaS <sub>2</sub> : Structural Transition and Charge-Density-Wave Proximity Effect	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 3235 ~ 3240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.8b01003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takane Daichi, Souma Seigo, Nakayama Kosuke, Nakamura Takechika, Oinuma Hikaru, Hori Kentaro, Horiba Kouji, Kumigashira Hiroshi, Kimura Noriaki, Takahashi Takashi, Sato Takafumi	4. 巻 98
2. 論文標題 Observation of a Dirac nodal line in AIB2	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 041105-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.041105	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sato Takafumi, Wang Zhiwei, Nakayama Kosuke, Souma Seigo, Takane Daichi, Nakata Yuki, Iwasawa Hideaki, Cacho Cephise, Kim Timur, Takahashi Takashi, Ando Yoichi	4. 巻 98
2. 論文標題 Observation of band crossings protected by nonsymmorphic symmetry in the layered ternary telluride Ta <sub>3</sub> SiTe <sub>6</sub>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 121111-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.121111	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Umamoto Yuki, Sugawara Katsuaki, Nakata Yuki, Takahashi Takashi, Sato Takafumi	4. 巻 12
2. 論文標題 Pseudogap, Fermi arc, and Peierls-insulating phase induced by 3D-2D crossover in monolayer VSe <sub>2</sub>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nano Research	6. 最初と最後の頁 165 ~ 169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12274-018-2196-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakayama Kosuke, Wang Zhiwei, Trang Chi Xuan, Souma Seigo, Rienks Emile D. L., Takahashi Takashi, Ando Yoichi, Sato Takafumi	4. 巻 98
2. 論文標題 Observation of Dirac-like energy band and unusual spectral line shape in quasi-one-dimensional superconductor TI <sub>2</sub> Mo <sub>6</sub> Se <sub>6</sub>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 140502-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.140502	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shimamura Natsumi, Sugawara Katsuaki, Sucharitakul Sukrit, Souma Seigo, Iwaya Katsuya, Nakayama Kosuke, Trang Chi Xuan, Yamauchi Kunihiro, Oguchi Tamio, Kudo Kazutaka, Noji Takashi, Koike Yoji, Takahashi Takashi, Hanaguri Tetsuo, Sato Takafumi	4. 巻 12
2. 論文標題 Ultrathin Bismuth Film on High-Temperature Cuprate Superconductor Bi <sub>2</sub> Sr <sub>2</sub> CaCu <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + as a Candidate of a Topological Superconductor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 10977 ~ 10983
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.8b04869	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 D. Takane, K. Nakayama, S. Souma, T. Wada, Y. Okamoto, K. Takenaka, Y. Yamakawa, A. Yamakage, T. Mitsuhashi, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, and T. Sato	4. 巻 3
2. 論文標題 Observation of Dirac-like Energy Band and Ring-Torus Fermi Surface in Topological Line-Node Semimetal CaAgAs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 npj Quantum Materials	6. 最初と最後の頁 1(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41535-017-0074-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Kanayama, K. Nakayama, G. N. Phan, M. Kuno, K. Sugawara, T. Takahashi, and T. Sato	4. 巻 96
2. 論文標題 Two-dimensional Dirac semimetal phase in undoped one-monolayer FeSe film	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 220509-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.96.220509	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計93件 (うち招待講演 30件 / うち国際学会 24件)

1. 発表者名 佐藤宇史
2. 発表標題 ナノスピ分解電子状態解析「サイエンス提案」
3. 学会等名 次世代放射光ナノ光電子ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤宇史
2. 発表標題 PF BL28における装置開発と研究展開
3. 学会等名 最先端光電子分光で拓く量子物質科学研究に関するワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤宇史
2. 発表標題 放射光光電子分光で探る新奇量子物質の電子状態
3. 学会等名 理学研究科放射光シンポジウム：量子物質科学のフロンティア（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤宇史
2. 発表標題 ARPESで探る新奇トポロジカル物質の電子状態
3. 学会等名 第33回日本放射光学会年会 放射光科学合同シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takafumi Sato
2. 発表標題 Electronic states of exotic topological semimetals studied by ARPES
3. 学会等名 International Conference on Topological Material Science (TopoMat2019)（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Sato
2. 発表標題 Electronic states of exotic topological semimetals studied by ARPES
3. 学会等名 3rd EPiQS-TMS alliance workshop on Topological Quantum Phenomena in Quantum Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Sato
2. 発表標題 Electronic states of novel topological materials studied by ARPES
3. 学会等名 Spintronics Workshop II (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Sato
2. 発表標題 Search for topological superconductivity through band-structure engineering
3. 学会等名 AIMR Workshop "Quantum Materials and Spintronics - spin, topology and superconductivity" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Sato
2. 発表標題 Electronic structure of topological-superconductor candidates studied by ARPES
3. 学会等名 Spectroscopy for Novel Superconductors 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相馬清吾
2. 発表標題 軟X線ARPESによるスピントロニクス材料の物性機能解明
3. 学会等名 日本物理学会 領域5, 領域3 合同シンポジウム「次世代スピントロニクスに向けた軟X線放射光計測技術の発展」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seigo Souma
2. 発表標題 A topological perspective to electronic structure in metallic borides verified by angle-resolved photoelectron spectroscopy
3. 学会等名 20th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seigo Souma
2. 発表標題 New topological phases protected by $T$ symmetry
3. 学会等名 AIMR Workshop "Quantum Materials and Spintronics - spin, topology and superconductivity" (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Nakayama
2. 発表標題 Superconductivity and Fermiology in Atomically-Thin Iron-Chalcogenide Films Studied by ARPES
3. 学会等名 Research Frontier of Advanced Spectroscopies for Correlated Electron Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Nakayama
2. 発表標題 Possible topological superconductivity in a hybrid of non-superconducting Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> and FeTe
3. 学会等名 AIMR Workshop "Quantum Materials and Spintronics - spin, topology and superconductivity" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Nakayama
2. 発表標題 High-temperature superconductivity in ultrathin iron-chalcogenide films studied by angle-resolved photoemission spectroscopy
3. 学会等名 Materials research meeting 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中田優樹, 菅原克明, Ashish Chainani, 山内邦彦, 中山耕輔, 相馬清吾, Pei-Yu Chuang, Cheng-Maw Cheng, 小口多美夫, 上野啓司, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 1T-HfTe <sub>2</sub> における次元性制御: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上竜平, 中田優樹, 佐藤匠, 田口大樹, 加藤剛臣, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 NbTe <sub>2</sub> 原子層薄膜の電子状態: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤剛臣, 伊東直洋, 佐藤匠, 中田優樹, 菅原克明, 相馬清吾, 中山耕輔, 高橋隆, 塩見雄毅, 齊藤英治, 佐藤宇史
2. 発表標題 単層VTe <sub>2</sub> 薄膜の電子構造: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坪野竜治, 中山耕輔, 大和田健太, 鍋島冬樹, 色摩直樹, 石川智也, 崎下雄稀, 前田京剛, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 Fe(Te,Se)/CaF <sub>2</sub> 高温超伝導体の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大和田健太, 中山耕輔, 坪野竜治, 重河恒心, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> /FeTeヘテロ構造の電子状態: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊育子, Chi Xuan Trang, 菅原克明, 相馬清吾, 中山耕輔, 瀬川耕司, 山内邦彦, 小口多美夫, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 トポロジカルヘテロ接合Pb/Bi/TlBiSe <sub>2</sub> の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Sato
2. 発表標題 Exotic nodal fermions in topological semimetals studied by ARPES
3. 学会等名 2nd Symposium for World Leading Research Centers - Materials Science and Spintronics - 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相馬清吾
2. 発表標題 強磁性トポロジカル絶縁体の電子構造:ARPES
3. 学会等名 第2回スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワークシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相馬清吾
2. 発表標題 ARPES Observation of Various Types of New Topological Semimetals
3. 学会等名 TMS第4回領域研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相馬清吾
2. 発表標題 ナノARPESの現状と次世代放射光での展開
3. 学会等名 第5回放射光連携研究ワークショップ「先端計測とインフォマティクスによる可視化物質科学の発展」 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山耕輔, 相馬清吾, C. X. Trang, 高根大地, Chaoyu Chen, Jose Avila, 高橋隆, 佐々木聡, 瀬川耕司, Maria C. Asensio, 安藤陽一, 佐藤宇史
2. 発表標題 Pb系トポロジカル絶縁体超格子のナノARPES
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中田優樹, 吉澤拓哉, 菅原克明, 梅本侑輝, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 単層TaSe2のARPES
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大和田健太, 中山耕輔, 重河恒心, Phan Giao, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> /FeTeの高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高根大地, Zhiwei Wang, 相馬清吾, 中山耕輔, 中村剛慶, 追沼暉, 中田優樹, 岩澤英明, Cephise Cacho, Timur Kim, 堀場弘司, 組頭広志, 高橋隆, 安藤陽一, 佐藤宇史
2. 発表標題 トポロジカル半金属CoSiにおけるカイラルフェルミオンのARPES観測
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤宇史, Z. Wang, 中山耕輔, 相馬清吾, 高根大地, 中田優樹, 岩澤英明, C. Cacho, T. Kim, 高橋隆, 安藤陽一
2. 発表標題 高分解能ARPESによるTa <sub>3</sub> SiTe <sub>6</sub> の線ノードの直接観測
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀健太郎, 中村剛慶, 追沼暉, 相馬清吾, 中山耕輔, 高橋隆, 松倉文礼, 佐藤宇史
2. 発表標題 強磁性トポロジカル絶縁体(CrxSb1-x)2Te3の表面ディラック電子状態：高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊育子, Trang Xuan Chi, 中村剛慶, 菅原克明, 相馬清吾, 中山耕輔, 瀬川耕司, 山内邦彦, 小口多美夫, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体/Rashba金属ハイブリッドの高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤匠, 中田優樹, 菅原克明, 相馬清吾, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> - Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> 積層トポロジカル絶縁体薄膜のARPES
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高根大地, 相馬清吾, 中山耕輔, 中村剛慶, 追沼暉, 堀場弘司, 組頭広志, 木村憲彰, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 AIB2におけるディラック線ノードの観測: 軟X線ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2018秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤宇史
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体・半金属の電子構造 (チュートリアル講演)
3. 学会等名 日本物理学会2018秋季大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山耕輔, Z. Wang, C. X. Trang, 相馬清吾, Emile D. L. Rienks, 高橋隆, 安藤陽一, 佐藤宇史
2. 発表標題 トポロジカル超伝導体候補物質 $Tl_2Mo_6Se_6$ の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2018秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤匠, 中田優樹, 菅原克明, 相馬清吾, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 $Bi_2Te_3$ 薄膜におけるディラック電子制御: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2018秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大和田健太, 重河恒心, Phan Giao, 中山耕輔, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体/鉄系超伝導体ヘテロ接合の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2018秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀健太郎, 中村剛慶, 追沼暉, 相馬清吾, 中山耕輔, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 高分解能ARPESによる磁性トポロジカル絶縁体(CrxSb1-x)2 Te3の電子状態
3. 学会等名 日本物理学会2018秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 追沼暉, 高根大地, 中村剛慶, 中山耕輔, 相馬清吾, 堀場弘司, 組頭広志, 吉田誠, 落合明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 高分解能ARPESによるCeBiの表面ディラック電子状態の観測
3. 学会等名 日本物理学会2018秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村剛慶, 高根大地, 追沼暉, 相馬清吾, 中山耕輔, 山内邦彦, 小口多美夫, 堀場弘司, 組頭広志, 高橋隆, Zhiwei Wang, 安藤陽一, 佐藤宇史
2. 発表標題 トポロジカル線ノード半金属ZrGeSeの軟X線ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2018秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梅本侑輝, 中田優樹, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 原子層VSe <sub>2</sub> における擬ギャップの波数依存性: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2018秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 重河恒心, 大和田健太, Phan Giao, 中山耕輔, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 鉄系超伝導体原子層薄膜の元素置換: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2018秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊育子, Chi Xuan Trang, 中村剛慶, 菅原克明, 相馬清吾, 中山耕輔, 瀬川耕司, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体TlBiSe <sub>2</sub> 上のBi(111)薄膜の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2018秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Sato
2. 発表標題 Electronic states of novel atomic-layer materials studied by ARPES
3. 学会等名 2018 Tohoku-Harvard Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Sato
2. 発表標題 Electronic structure of novel topological materials studied by spin-ARPES
3. 学会等名 Tsinghua-Tohoku Joint Workshop on Material and Spintronics Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Sato
2. 発表標題 Novel electronic states of topological nodal semimetals studied by ARPES'
3. 学会等名 CEMS Symposium on Trends in Condensed Matter Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Sato
2. 発表標題 Topological materials science program and recent progress in topological insulators
3. 学会等名 Mini Workshop: Mathematical Aspects of Topological Phases of Matter and Quantum Computing (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Sato
2. 発表標題 Electronic states of novel topological materials studied by ARPES
3. 学会等名 International Workshop on Strong Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Sato
2. 発表標題 Electronic structure of novel topological semimetals and superconductors studied by ARPES
3. 学会等名 International Workshop "Top-Spin 3: Spin and Topological Phenomena in Nanostructures - towards Topological Material Science" (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤宇史
2. 発表標題 ARPESでみるトポロジカル半金属の電子状態 (シンポジウム)
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会(2018)(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山耕輔, 重河恒心, 久野雅人, Phan Giao, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 FeSeの半金属的バンド構造: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会(2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梅本侑輝, 中田優樹, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 原子層VSe <sub>2</sub> におけるエネルギーギャップの観測: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会(2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中田優樹, 菅原克明, 一ノ倉聖, 岡田佳憲, 一杉太郎, 是常隆, 長谷川修司, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 原子層NbSe <sub>2</sub> におけるCDW転移: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会(2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菅原克明, 中田優樹, 梅本侑, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 2層グラフェン上のTlSe <sub>2</sub> 原子層の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会(2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 重河恒心, 久野雅人, Phan Giao, 中山耕輔, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 単層FeSeの超伝導準粒子: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会(2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 久野雅人, 金山将大, Phan Giao, 中山耕輔, 菅原克明, 佐藤宇史, 高橋隆
2. 発表標題 FeTe薄膜の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会(2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中田優樹, 菅原克明, 清水亮太, 岡田佳憲, Patrick Han, 佐藤宇史, 一杉太郎, 上野啓司, 高橋隆
2. 発表標題 原子層1T-NbSe2の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会(2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤基樹, 山村典史, 菅原克明, 佐藤宇史, 高橋隆
2. 発表標題 金属吸着単層グラフェンの高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会(2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 嶋村奈津美, 中田優樹, 山田敬子, 相馬清吾, 菅原克明, 佐藤宇史, 高橋隆
2. 発表標題 Bi2212上に成長したBi超薄膜の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会(2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中山耕輔, 久野雅人, 金山将大, G. Phan, 菅原克明, 佐藤宇史, 高橋隆
2. 発表標題 Te単結晶薄膜の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会(2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菅原克明, 野口英一, 佐藤宇史, 高橋隆
2. 発表標題 Ag(111)薄膜上のシリセンの高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第72回年次大会(2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡辺夏芽, 相馬清吾, 中山耕輔, J. Ribeiro, Y. Wang, 高橋隆, Z. Mao, Y. P. Chen, 佐藤宇史
2. 発表標題 強磁性層状酸化物Sr <sub>4</sub> Ru <sub>3</sub> O <sub>10</sub> の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤剛臣, 伊東直洋, 川上竜平, 久保田雄也, 田口大樹, 坪野竜治, 菅原克明, 相馬清吾, 中山耕輔, 高橋隆, 塩見雄毅, 齊藤英治, 佐藤宇史
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体/強磁性体ヘテロ構造のディラック電子状態: 高分解能 ARPES
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川上竜平, 田口大樹, 加藤剛臣, 猿田康朗, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 多層VTe <sub>2</sub> 薄膜の擬一次元的電子構造: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田口大樹, 川上竜平, 加藤剛臣, 猿田康明, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 高分解能ARPESによる単層・多層NbTe <sub>2</sub> 薄膜の電子状態
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保田雄也, 高根大地, 川上竜平, 中山耕輔, 相馬清吾, 高橋隆, 瀬川耕司, 佐藤宇史
2. 発表標題 ディラック半金属候補物質SrMg <sub>2</sub> Bi <sub>2</sub> の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坪野竜治, 中山耕輔, 大和田健太, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 FeSe/Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> ヘテロ構造の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中山耕輔, 坪野竜治, 大和田健太, 鍋島冬樹, 色摩直樹, 石川智也, 崎下雄稀, 前田京剛, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 FeSe <sub>1-x</sub> Tex /CaF <sub>2</sub> の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高根大地, 鈴木健士, 相馬清吾, 山内邦彦, 中山耕輔, 堀健太郎, C. X. Trang, Emile D. L. Rienks, 北村未歩, C. Cacho, T. Kim, 堀場弘司, 組頭広志, 小口多美夫, 高橋隆, J. G. Checkelsky, 佐藤宇史
2. 発表標題 反強磁性ハーフホイスラーGdPtBiの電子状態観測: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 猿田康朗, 川上竜平, 田口大樹, 加藤剛臣, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 MoTe2原子層薄膜の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中田優樹, 菅原克明, Ashish Chainani, Changhua Bao, Shaohua Zhou, Pei-Yu Chuang, Cheng-Maw Cheng, Shuyun Zhou, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 1T-XSe2(X=Nb, Ta)原子層のモット絶縁相制御: 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takafumi Sato
2. 発表標題 Exotic nodal fermions in topological materials studied by ARPES
3. 学会等名 APCTP-KPS-JPS symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Nakayama, R. Tsubono, G. N. Phan, F. Nabeshima, N. Shikama, T. Ishikawa, Y. Sakishita, S. Ideta, K. Tanaka, A. Maeda, T. Takahashi, and T. Sato
2. 発表標題 High-Resolution ARPES Study on the Origin of High-Temperature Superconductivity in FeSe <sub>1-x</sub> Te <sub>x</sub> /CaF <sub>2</sub>
3. 学会等名 The 4th Symposium for The Core Research Cluster for Materials Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takafumi Sato
2. 発表標題 ARPES study of novel topological materials
3. 学会等名 OIST-Tohoku Quantum Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤剛臣, 伊東直洋, 川上竜平, 菅原克明, 相馬清吾, 中山耕輔, 高橋隆, 塩見雄毅, 齊藤英治, 佐藤宇史
2. 発表標題 ファンデルワールス強磁性体 Cr <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> Te <sub>6</sub> の高分解能 ARPES
3. 学会等名 第34回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川上竜平, 田口大樹, 加藤剛臣, 猿田康朗, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 VTe <sub>2</sub> 薄膜の高分解能 ARPES
3. 学会等名 第34回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 S. Souma, N. Watanabe, K. Nakayama, J. Ribeiro, Y. Wang,, T. Takahashi, Z. Mao, Y. P. Chen, and T. Sato
2 . 発表標題 $\mu$ -ARPES study of ferromagnetic layered oxide Sr4Ru3O10
3 . 学会等名 The 4th Symposium for The Core Research Clusters for Materials (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 K. Sugawara, Y. Saruta, T. Kato, T. Taguchi, T. Takahashi and T. Sato
2 . 発表標題 Selective fabrication of atomic-layer 1H- and 1T' - MoTe2 films
3 . 学会等名 The 4th Symposium for The Core Research Clusters for Materials (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Tappei Kawakami, Katsuaki Sugawara, Takemi Kato, Taiki Taguchi, Seigo Souma, Takashi Takahashi, and Takafumi Sato
2 . 発表標題 Electronic structure of multi-layer VTe2 thin films studied by ARPES
3 . 学会等名 The 4th International Symposium for The Core Research Cluster for Spintronics (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Takemi Kato, Naohiro Ito, Tappei Kawakami, Katsuaki Sugawara, Seigo Souma, Kosuke Nakayama, Takashi Takahashi, Yuki Shiomi, Eiji Saitoh, and Takafumi Sato
2 . 発表標題 Dirac Electronic States of Bi2Se3 Thin Films on Ferromagnetic Cr2Ge2Te6 Studied by High-resolution ARPES
3 . 学会等名 The 4th International Symposium for The Core Research Cluster for Spintronics (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 相馬清吾, 本間飛鳥, 北村未歩, 堀場弘司, 川上竜平, 渡辺夏芽, 中山耕輔, 菅原克明, 高橋隆, 組頭広志, 佐藤宇史
2. 発表標題 BL28におけるトポロジカル物質の $\mu$ -ARPESマッピング
3. 学会等名 2020年度量子ビームサイエンスフェスタ/ 第38回PFシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤宇史
2. 発表標題 高分解能角度分解光電子分光による新奇量子物質におけるエキゾチック準粒子の研究
3. 学会等名 2020年度量子ビームサイエンスフェスタ/ 第38回PFシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺夏芽, 相馬清吾, 中山耕輔, J. Ribeiro, Y. Wang, 高橋隆, Z. Mao, Y. P. Chen, 佐藤宇史
2. 発表標題 高分解能ARPESによる強磁性酸化物Sr <sub>4</sub> Ru <sub>3</sub> O <sub>10</sub> のバンド構造
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中山耕輔, 久保田雄也, 高根大地, 相馬清吾, 本間飛鳥, 川上竜平, 加藤剛臣, 菅原克明, 高橋隆, 瀬川耕司, 出田真一郎, 田中清尚, 北村未歩, 堀場弘司, 組頭広志, 佐藤宇史
2. 発表標題 マイクロ ARPES による新規ディラック半金属の電子状態
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高根大地, 久保田雄也, 川上竜平, 加藤剛臣, 坪野竜治, 菅原克明, 中山耕輔, 相馬清吾, 出田真一郎, 田中清尚, 北村未歩, 堀場弘司, 組頭広志, 高橋隆, 瀬川耕司, 佐藤宇史
2. 発表標題 ディラック半金属候補物質BaMg <sub>2</sub> Bi <sub>2</sub> の高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅原克明, 川上竜平, 加藤剛臣, 田口大樹, 猿田康朗, 久保田雄也, 坪野竜治, 中山耕輔, 相馬清吾, 上野啓司, 北村未歩, 堀場弘司, 組頭広志, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 マイクロARPESによる遷移金属ダイカルコゲナイド薄膜の電子状態
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤剛臣, 伊東直洋, 川上竜平, 菅原克明, 相馬清吾, 中山耕輔, 北村未歩, 堀場弘司, 組頭広志, 高橋隆, 塩見雄毅, 齊藤英治, 佐藤宇史
2. 発表標題 Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> /Cr <sub>2</sub> Ge <sub>2</sub> Te <sub>6</sub> におけるディラックギャップ:高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 猿田康朗, 川上竜平, 田口大樹, 加藤剛臣, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 MoTe <sub>2</sub> 原子層薄膜の微細電子構造:高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川上竜平, 加藤剛臣, 田口大樹, 猿田康朗, 菅原克明, 高橋隆, 佐藤宇史
2. 発表標題 VTe <sub>2</sub> 薄膜の擬一次元的フェルミ面とCDW相 : 高分解能ARPES
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tapei Kawakami, Takeni Kato, Katsuaki Sugawara, Taiki Taguchi, Yasuaki Saruta, Takafumi Sato
2. 発表標題 Electronic structure of VTe <sub>2</sub> thin films studied by high-resolution ARPES
3. 学会等名 APS March meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takemi Kato, Katsuaki Sugawara, Naohiro Ito, Kunihiko Yamauchi, Takumi Sato, Tamio Oguchi, Takashi Takahashi, Yuki Shiomi, Eiji Saitoh, Takafumi Sato
2. 発表標題 Dirac electronic states of Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> thin films on ferromagnetic Cr <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> Te <sub>6</sub> studied by high-resolution ARPES
3. 学会等名 APS March meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤宇史
2. 発表標題 高分解能ARPESによる トポロジカル超伝導材料の探索
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	相馬 清吾  (Souma Seigo)  (20431489)	東北大学・スピントロニクス学術連携研究教育センター・准教授   (11301)	
研究 分担者	中山 耕輔  (Nakayama kosuke)  (40583547)	東北大学・理学研究科・助教   (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------