

令和 5 年 5 月 19 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03877

研究課題名(和文) 強磁性二次元ファンデルワールス原子層物質の新奇な磁化特性の解明と制御

研究課題名(英文) Novel magnetic properties of two-dimensional ferromagnetic van der Waals atomic layers

研究代表者

平原 徹 (Hirahara, Toru)

東京工業大学・理学院・教授

研究者番号：30451818

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では新しい強磁性2D v-DW原子層の物質開拓をし、多角的に物性を検証して磁化特性の起源を解明することを目的とした。その結果、Mn₄Bi₂Te₇という新しい2D v-DW磁性体の開拓に成功し、その磁化特性と表面ディラック電子のバンド構造の関係がこれまでの理論で説明できないことを明らかにした。さらにMnBi₂Se₄/Bi₂Se₃のサンドイッチ構造において、隣接磁性原子間の磁氣的相互作用、およびそれが非磁性元素Seを媒介としていることを世界で初めて実証した。また、論争が続いていたVSe₂の磁化特性に関して、低温でも強磁性ではないが、短距離秩序や反強磁性的な振る舞いを示す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

本研究によってこれまで極低温にとどまっていたトポロジカル物性と磁性の協奏現象である量子異常ホール効果を高温にする方法が示され、実際に2021年に7 Kという液体ヘリウム冷却で到達可能な温度で実現された。さらに本研究の成果によって表面ディラック電子のバンド構造と磁化特性の関係が従来の理論的な枠組みでは説明されず、新たな理論の構築が必要になった。これらは新しい二次元磁性体の開拓および、そのトポロジカル物性との協奏で予想されている新奇な電気磁気効果の実現に向けて重要な知見である。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have aimed to develop a new ferromagnetic 2D v-DW atomic layer material and investigated its physical properties from various aspects to elucidate the origin of its magnetization properties. As a result, we succeeded in developing a new 2D v-DW magnetic material, Mn₄Bi₂Te₇, and clarified that the relationship between the magnetization properties and the band structure of the surface Dirac electrons cannot be explained by conventional theories. Furthermore, in the sandwich structure of MnBi₂Se₄/Bi₂Se₃, the magnetic interaction between neighboring magnetic atoms and its mediation by the nonmagnetic element Se were demonstrated for the first time. Regarding the controversial magnetization properties of VSe₂, it was clarified that VSe₂ is not ferromagnetic even at low temperatures, but exhibits short-range order and antiferromagnetic behavior.

研究分野：物性実験(量子表面界面ナノ物理)

キーワード：磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ構造 二次元磁性体

1. 研究開始当初の背景

積層方向の結合がファンデルワールス(v-DW)力である二次元物質の研究はグラフェンの発見以降盛んになり、バルクとは異なる物性発現の場としてディラック電子、バレートロンクスなどの観点から研究されてきた。さらに積層ヘテロ構造も作製可能であり、オプトエレクトロニクス応用に向けて注目を集めている。しかし、単・数原子層厚さの二次元ファンデルワールス(2D v-DW)結晶において強磁性を示す物質は見つかりなかった。そもそも等方的な二次元系ではゆらぎにより長距離秩序は生じえないが、磁気異方性がある場合はその限りでなく、強磁性が発現しても良い。しかしこれまで研究されてきた系は“擬二次元系”であり(基板と強く結合した原子層または厚さが数原子層ではなかった)、純粋な二次元系の磁化特性が三次元物質とどう異なり、他の量子物性同様に層数で制御できるのかについては明確な答えが出ていない。2017年に初めて、 $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ や CrI_3 というバルク強磁性体を剥離して数原子層にすると、層数や外場で磁化状態を制御できる(例えば CrI_3 では奇数層は強磁性、偶数層は反強磁性)ことが分かった(Gong *et al.*, Nature **546**, 265; Huang *et al.*, Nature **546**, 270)。しかし電子状態、結晶構造、磁性の起源など多くの点は未解明である(Samarth *et al.*, Nature **546**, 216 (2017))。その原因は(1) 試料が小さく、多様な物性測定できない、(2) 層数の制御が難しい、(3) 試料が(特に単原子層は)酸化に弱く、酸化の影響がない intrinsic な性質の測定をしているか不明、というものである。そこで純二次元系での磁性特性を解明・制御することが容易な、新原子層物質の開拓が望まれていた。

2. 研究の目的

2017年に我々は均一な Mn 強磁性層をトポロジカル絶縁体 Bi_2Se_3 薄膜表面近傍に埋め込み、磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ構造を作製できることを世界で初めての発見を報告した(Nano Lett. **17**, 3493 (2017))。この系では v-dW 力で結合している Bi_2Se_3 の Se-Bi-Se-Bi-Se のユニット(1QL)の最上位層が、Se-Bi-Se-Mn-Se-Bi-Se(MnBi_2Se_4)に変わることを精密構造解析より明らかにした。さらにこの新しい v-DW 原子層の形成により Bi_2Se_3 のディラック表面状態にギャップが生じ、さらに超伝導量子磁束干渉計(SQUID)と X 線内殻磁気円二色性(XMCD)を用いた磁化測定により、 MnBi_2Se_4 が面直強磁性な半導体であり、Mn が高スピン状態にあることを明らかにした。つまり我々は、バルクでは存在しない世界に先駆けて、 MnBi_2Se_4 という強磁性 2D v-DW 原子層を自己組織化で作製することに成功した。

この試料は前述の磁性 2D v-DW 原子層研究の欠点(1)、(2)を解決している。すなわち基板上に大面積で、均一な厚さのものが 1 原子層単位で制御して作製できる。さらに(3)についても、試料を超高真空下で作製し、大気にさらすことなく物性評価を行えば問題はない。我々は既にこれまでこのスタイルで多くの実験を行ってきた。

そこで本研究では、新しい強磁性 2D v-DW 原子層の物質開拓をすると同時に、新しい実験手法を開発して高精度の磁化測定を行い、多角的に物性を検証することで、磁化特性の起源を解明し、外場や層数によって磁性を制御する方法を確立することを目的とした。

3. 研究の方法

物質開拓においては、反射高速電子回折(RHEED)を用いた原子レベルで精緻な高品質薄膜の作製を行った。そして特性評価としては走査透過電子顕微鏡(STEM)を用いた原子配列の決定、高分解能の角度分解光電子分光(ARPES)およびスピン分解 ARPES によるバンド構造およびそのスピン特性の評価、高感度の XMCD および SQUID を用いた磁化特性(キュリー温度、残留磁化、保持力など)の評価を行った。

我々の扱っている原子層物質は超高真空中で作製されるが、特性評価を行うために大気暴露した途端に物質が壊れてしまう。そのため、実験のスタイルとしてはできる限り、超高真空で作製したものをそのまま評価する(in situ)やり方で行った。ARPES はすべてこの in situ 測定であるが、STEM や XMCD の実験装置では試料作製が困難であるため、やむを得ず、表面保護のため試料作製後に表面をキャップ層で堆積し、大気に取り出した後で搬送し、XMCD では再度超高真空下で加熱を行うことでキャップ層を除去してから測定を行った。

4. 研究成果

本研究では主に下記の 3 つの物質群を扱った。以下それぞれについて記述する。

(i) MnBi_2Te_4 、 $\text{Mn}_4\text{Bi}_2\text{Te}_7$ 磁性原子層

磁性 2D v-DW 原子層の更なる知見を得るために、上記の MnBi_2Se_4 の作製経験を踏まえ、同様に均一な Mn の単層をトポロジカル絶縁体 Bi_2Te_3 薄膜表面近傍に埋め込むことを目的に実験を行った。具体的には作製した Bi_2Te_3 薄膜の上に Mn と Te を蒸着することで、 MnBi_2Te_4 の作製を目指した。RHEED では Mn と Te を蒸着後も Bi_2Te_3 同様のストリークが観測され、 MnBi_2Te_4 が作製されたことが示唆されたが、ARPES 測定で試料のバンド構造を測ったところ、図 1(a)のよ

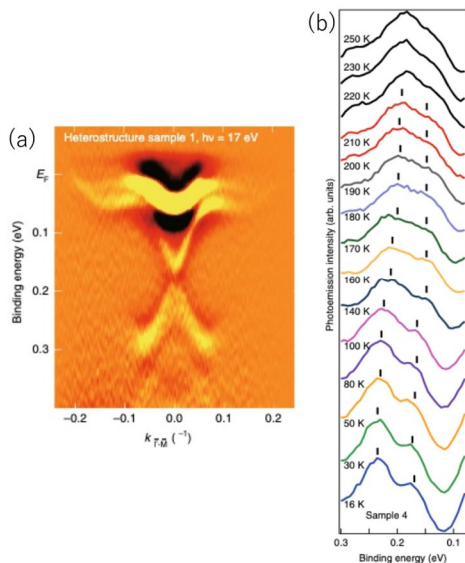


図 1: (a) 16 K における $Mn_4Bi_2Te_7$ のバンド構造。(b) 点でのバンドギャップの温度依存性。

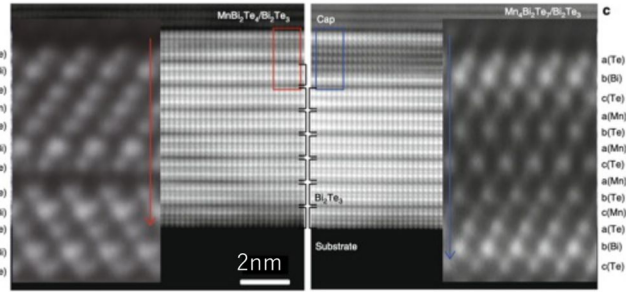


図 2: 作製した試料の STEM 像。左が $MnBi_2Te_4$ 、右が $Mn_4Bi_2Te_7$ である。

うに 16 K の低温で表面のディラックコーンにギャップが開いており、図 1(b)のように 220 K 程度でこのギャップが無くなることが分かった。これは Mn 層が強磁性であり、そのキュリー温度が 220 K であることを示唆している。しかしこのバンド構造は、第一原理計算で予想されたものとは明らかに異なっていた。この理由を解明するために STEM を用いて試料の構造解析を行ったところ、図 2 のようにこの試料は目的の $MnBi_2Te_4$ に加えて、 $Mn_4Bi_2Te_7$ という Mn が 4 層埋め込まれた物質が形成されていること

が明らかになった。そして ARPES で見えていたバンドは、この $Mn_4Bi_2Te_7$ のものに対応することが第一原理計算との比較から分かった。XMCD を用いて磁化測定を行ったところ、図 3(a) のように Mn の L 吸収端において明確な XMCD シグナルを検出し、この試料が面直磁化を有していることが明らかになった。ただ図 3(b) のように外部印加磁場の違いでピーク位置が異なり、磁化に寄与している Mn が二種類あることが分かった。これはこの試料中に $MnBi_2Te_4$ と $Mn_4Bi_2Te_7$ という 2 つの異なる Mn 原子がいることに対応している。図 3(c) および (d) の磁化曲線および温度依存性測定から、一方の Mn 成分はキュリー温度が 20 K の強磁性(A)、もう一方は 6 K まで常磁性(B)であることが分かった。

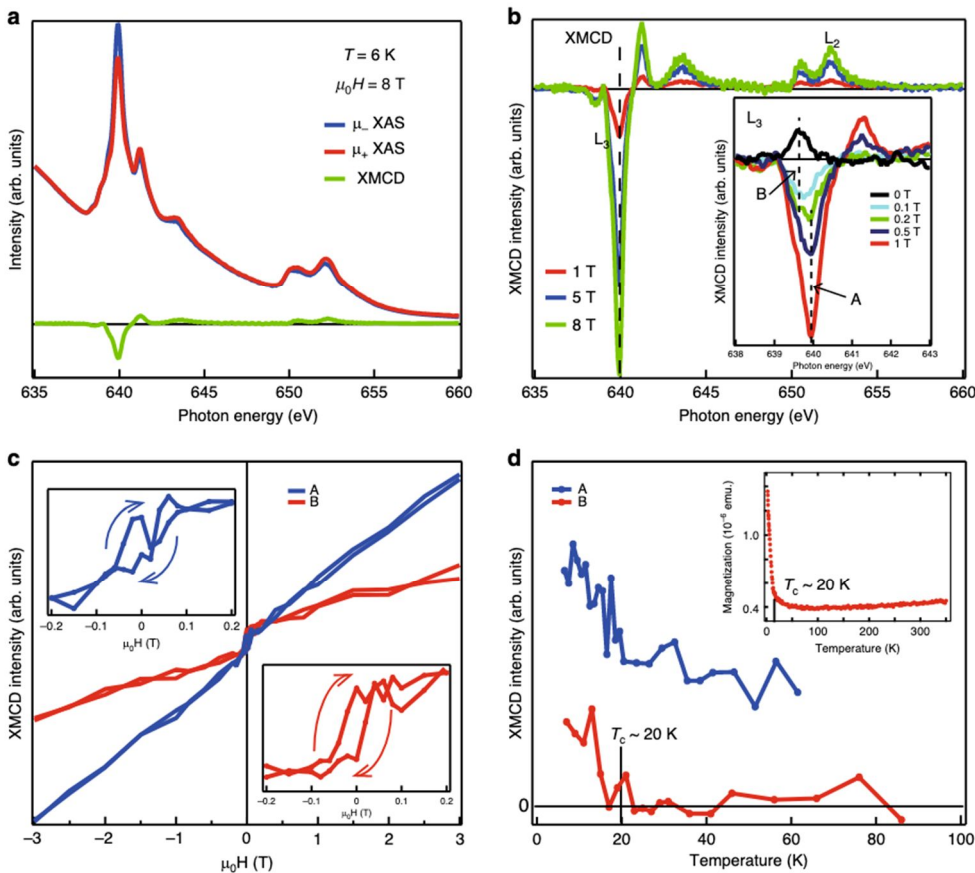


図 3: (a) 試料の 6 K、8 T における X 線吸収スペクトル(XAS)および XMCD スペクトル。(b) XMCD スペクトルの磁場依存性。(c) 639.9 eV(A)および 639.5 eV(B)での XMCD シグナルの磁場依存性。(d) 639.9 eV(A)および 639.5 eV(B)での XMCD シグナルの温度依存性。後に A が $MnBi_2Te_4$ 、B が $Mn_4Bi_2Te_7$ であることが分かった。

この状況では MnBi_2Te_4 と $\text{Mn}_4\text{Bi}_2\text{Te}_7$ のどちらが強磁性でどちらが常磁性かわからないので、Mn の蒸着量を減らすことで MnBi_2Te_4 単体の試料を作製した。そして XMCD 測定を行ったところ、この試料では図 4 のように常磁性的な振る舞いが見られたので、結局 $\text{Mn}_4\text{Bi}_2\text{Te}_7$ が強磁性的であることがわかり、キュリー温度が 20 K であるにも関わらず、220 K まで表面ディラックコーンにギャップが開いているという、これまでの理論では説明できない新しい現象を発見した。この原因ははっきりとはわからないが、試料内に MnBi_2Te_4 と $\text{Mn}_4\text{Bi}_2\text{Te}_7$ がランダムに多数存在しており、長距離秩序が生じないが、短距離の磁氣的相互作用が存在することでこのような現象が発現すると考えている。

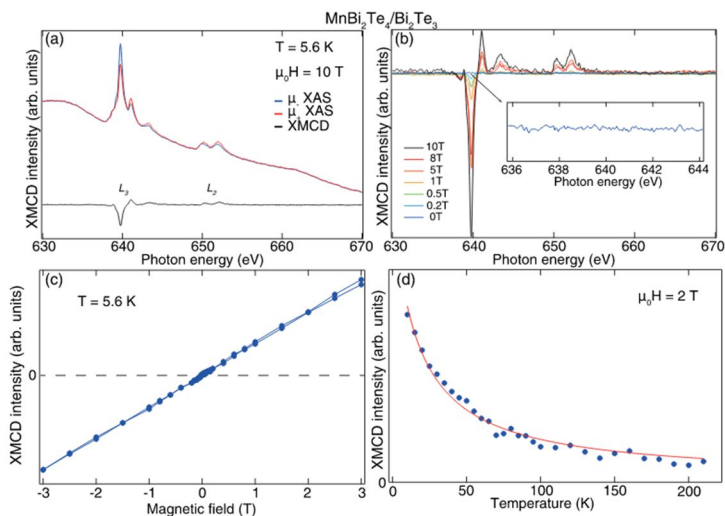


図 4: (a) MnBi_2Te_4 の 6 K、10 T における XAS および XMCD スペクトル。(b) XMCD スペクトルの磁場依存性。(c) 639.9 eV での XMCD スペクトルの磁場依存性。(d) 639.9 eV での XMCD スペクトルの温度依存性。

(ii) VSe_2 磁性原子層

VSe_2 は最初の報告では室温で強磁性を示すと言われたが (Nat. Nanotech. 13, 289 (2018))、その後 6 K でも強磁性を示さないことも報告されており (Nano Lett. 18, 4493 (2018))、議論が続いていた。しかしその原子構造、電子状態、そして XMCD を用いた元素選択的な磁化特性の評価を系統的に行った研究はこれまで存在しておらず、なぜこのような違いが出るのかは明らかではなかった。そこで本研究では同一試料に対して

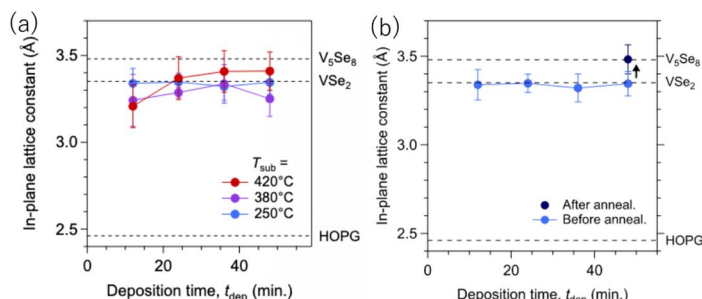


図 5: RHEED から求められた、異なる条件で作製した VSe_2 の格子定数。

この 3 つを決定することを試みた。グラファイト基板の加熱温度を変化させて V と Se を同時蒸着することで VSe_2 の作製を目指したが、図 5(a) のように基板温度が 380 と 420 のときは VSe_2 よりも格子定数が大きく、別な化学量論的な化合物ができていることが示唆された。また基板温度が 250 のときは VSe_2 と同じ格子定数の試料が成長できたが、薄膜作製後に試料を 480 で加熱することで同様に格子定数が大きくなることが分かった (図 5(b))。ARPES によってバンド構造を測定し第一原理計算と注意深く比較した結果、この格子定数の大きい試料は V_5Se_8 であることが分かった。図 6 のように基板の温度が高い状態では一部の Se と V が脱離し、 VSe_2 の間に V 原子が入った構造ができるものと推定される。このように試料作製条件の違いで報告されている磁化特性が異なっている可能性があることが分かった。

このようにして、十分注意して作製した VSe_2 の XMCD 測定を行った。その結果、図 7 のように 6 K で磁場を印加した状態で V の L 吸収端で明確な XMCD シグナルを世界で初めて観測した。しかし、0 T で残留磁化に相当するシグナルは観測されず、この試料が低温でも強磁性ではないが、短距離秩序や反強磁性的な振る舞いを示すことが分かった。

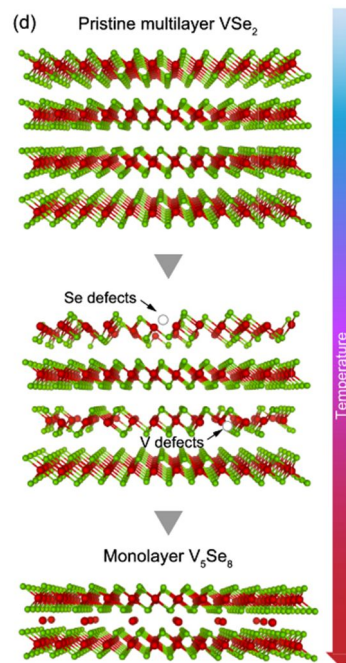


図 6: 基板の温度変化によって予想される構造変化。

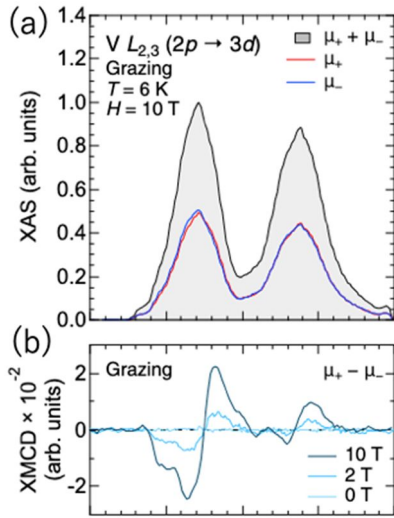


図 7: VSe₂ の 6K、10T での XAS および XMCD スペクトル。

Sample	T _c (K)
MBSBS	15-20
MBS / MBSBS (n = 0)	30-35
MBS / n QL BS / MBSBS (n = 1,2,3,7)	20-25
MBS / 15QL BS / MBSBS	15-20

表 1: MnBi₂Se₄/ n QL Bi₂Se₃/ MnBi₂Se₄ サンドイッチ構造のキュリー温度

(iii) MnBi₂Se₄/Bi₂Se₃ の磁性/非磁性原子層のサンドイッチ構造

(i)、(ii)ともに単一の磁性層を対象にした研究であったが、磁性 MnBi₂Se₄ と非磁性 Bi₂Se₃ のサンドイッチ構造を作製し、非磁性層の厚さ n を変化させた場合に系の磁化状態にどのような影響を与えるかを調べた。XMCD 測定により MnBi₂Se₄/ n QL Bi₂Se₃/ MnBi₂Se₄ サンドイッチ構造のキュリー温度を決定したところ、表 1 にあるように $n=0$ のときが 30-35 K と一番高く、 $n=1\sim 7$ までは 20-25 K と変化せず、 $n=15$ では通常の MnBi₂Se₄ と同じく 15-20 K であることが分かった。これは非磁性 Bi₂Se₃ 層の電子が 2 つの磁性層の磁氣的相互作用を媒介することで系全体の磁化に影響を与えていることを示唆している。これを検証するために非磁性元素 Se の L 吸収端で XMCD 測定を行ったところ、世界で初めて非磁性元素の吸収端で明確な XMCD シグナルを検出することに成功した。現在理論計算と比較して、このスペクトルの物理的解釈をしようとしている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 15件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nabok Dmitrii, Tas Murat, Kusaka Shotaro, Durgun Engin, Friedrich Christoph, Bihlmayer Gustav, Bluegel Stefan, Hirahara Toru, Aguilera Irene	4. 巻 6
2. 論文標題 Bulk and surface electronic structure of Bi4Te3 from GW calculations and photoemission experiments	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 034204-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.6.034204	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 Si Wen, Tanaka Tomoaki, Ichinokura Satoru, Hirahara Toru	4. 巻 105
2. 論文標題 Substrate-induced broken C4 symmetry and gap variation in superconducting single-layer FeSe/SrTiO3-/13x/13	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 104502-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.104502	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 Toyama Haruko, Akiyama Ryota, Ichinokura Satoru, Hashizume Mizuki, Iimori Takushi, Endo Yukihiko, Hobara Rei, Matsui Tomohiro, Horii Kentaro, Sato Shunsuke, Hirahara Toru, Komori Fumio, Hasegawa Shuji	4. 巻 16
2. 論文標題 Two-Dimensional Superconductivity of Ca-Intercalated Graphene on SiC: Vital Role of the Interface between Monolayer Graphene and the Substrate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Nano	6. 最初と最後の頁 3582 ~ 3592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnano.1c11161	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 Takashiro Takuya, Akiyama Ryota, Kibirev Ivan A., Matetskiy Andrey V., Nakanishi Ryosuke, Sato Shunsuke, Fukasawa Takuro, Sasaki Taisuke, Toyama Haruko, Hiwatari Kota L., Zotov Andrey V., Saranin Alexander A., Hirahara Toru, Hasegawa Shuji	4. 巻 22
2. 論文標題 Soft-Magnetic Skyrmions Induced by Surface-State Coupling in an Intrinsic Ferromagnetic Topological Insulator Sandwich Structure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 881 ~ 887
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.1c02952	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 Sumida Kazuki, Takeda Yukiharu, Kusaka Shotaro, Kobayashi Katsuyoshi, Hirahara Toru	4. 巻 6
2. 論文標題 Short-range magnetic interaction in a monolayer 1T-VSe ₂ film revealed by element-specific x-ray magnetic circular dichroism	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 014006-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.6.014006	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 Nishio Kazunori, Ichinokura Satoru, Nakanishi Akitaka, Shimizu Koji, Kobayashi Yasutaka, Nakamura Naoto, Imazeki Daisuke, Shimizu Ryota, Hirahara Toru, Watanabe Satoshi, Hitosugi Taro	4. 巻 21
2. 論文標題 Ionic Rectification across Ionic and Mixed Conductor Interfaces	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nano Letters	6. 最初と最後の頁 10086 ~ 10091
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.nanolett.1c03872	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 Fukasawa T., Kusaka S., Sumida K., Hashizume M., Ichinokura S., Takeda Y., Ideta S., Tanaka K., Shimizu R., Hitosugi T., Hirahara T.	4. 巻 103
2. 論文標題 Absence of ferromagnetism in MnBi ₂ Te ₄ /Bi ₂ Te ₃ down to 6 K	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205405-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.205405	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 Hirahara T., Otrokov M. M., Sasaki T. T., Sumida K., Tomohiro Y., Kusaka S., Okuyama Y., Ichinokura S., Kobayashi M., Takeda Y., Amemiya K., Shirasawa T., Ideta S., Miyamoto K., Tanaka K., Kuroda S., Okuda T., Hono K., Ereemeev S. V., Chulkov E. V.	4. 巻 11
2. 論文標題 Fabrication of a novel magnetic topological heterostructure and temperature evolution of its massive Dirac cone	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 4821-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-18645-9	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 Fukui Naoya, Hobara Rei, Takayama Akari, Akiyama Ryota, Hirahara Toru, Hasegawa Shuji	4. 巻 102
2. 論文標題 Scattering of topological surface-state carriers at steps on surfaces	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115418-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.115418	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 Pedersen Asger K., Ichinokura Satoru, Tanaka Tomoaki, Shimizu Ryota, Hitosugi Taro, Hirahara Toru	4. 巻 124
2. 論文標題 Interfacial Superconductivity in FeSe Ultrathin Films on SrTiO_3 Probed by Independently Driven Four-Point-Probe Measurements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 227002-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.124.227002	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 Tanaka Tomoaki, Akiyama Kenta, Ichinokura Satoru, Shimizu Ryota, Hitosugi Taro, Hirahara Toru	4. 巻 101
2. 論文標題 Superconducting dome revealed by surface structure dependence in single unit cell FeSe on SrTiO_3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205421-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.205421	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 Takahashi Yuzuru, Ichinokura Satoru, Shimizu Ryota, Shiraki Susumu, Hitosugi Taro, Hirahara Toru	4. 巻 509
2. 論文標題 Metallic band structure of CaF ₂ thin films grown on silicon(1 1 1): Possible formation of CaSi ₂	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 144687 ~ 144687
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2019.144687	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 平原徹、伏屋雄紀	4. 巻 43
2. 論文標題 ヒスマスのトポロジカルな性質：表面・バルク，実験・理論の立場から	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 固体物理	6. 最初と最後の頁 425 ~ 450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Takeuchi Y., Hobara R., Akiyama R., Takayama A., Ichinokura S., Yukawa R., Matsuda I., Hasegawa S.	4. 巻 101
2. 論文標題 Two-dimensional conducting layer on the SrTiO ₃ surface induced by hydrogenation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 085422-1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.101.085422	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 Lau Yong Chang, Akiyama Ryota, Hirose Hishiro, Nakanishi Ryosuke, Terashima Taichi, Uji Shinya, Hasegawa Shuji, Hayashi Masamitsu	4. 巻 未確定
2. 論文標題 Concomitance of superconducting spin-orbit scattering length and normal state spin diffusion length in W on (Bi,Sb) ₂ Te ₃	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Materials	6. 最初と最後の頁 未確定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2515-7639/ab7e0c	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 Di Fan , Rei Hobara, Ryota Akiyama , and Shuji Hasegawa	4. 巻 未確定
2. 論文標題 Inverse Spin Hall Effect Induced by Asymmetric Illumination of Light on Topological Insulator Bi ₂ Se ₃	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 未確定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 H. Huang, H. Toyama, L. V. Bondarenko, A. Y. Tupchaya, D. V. Gruznev, A. Takayama, R. Hobara, R. Akiyama, A. V. Zotov, A. A. Saranin, and S. Hasegawa	4. 巻 未確定
2. 論文標題 Superconducting proximity effect in a Rashba-type surface state of Pb/Ge(111)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 未確定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 T. Tanaka, K. Akiyama, S. Ichinokura, R. Shimizu, T. Hitosugi, and T. Hirahara	4. 巻 未確定
2. 論文標題 Superconducting dome revealed by surface structure dependence in single unit cell FeSe on SrTiO ₃ (001)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 未確定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Hirahara Toru, Hasegawa Shuji	4. 巻 97
2. 論文標題 Comment on "Quantum transport in the surface states of epitaxial Bi(111) thin films"	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 207401-1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.97.207401	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 Tanaka Tomoaki, Akiyama Kenta, Yoshino Ryo, Hirahara Toru	4. 巻 98
2. 論文標題 Superconductivity of single unit cell FeSe/SrTiO ₃ (001): Substrate-surface superstructure dependence	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 121410-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.98.121410	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 Okuyama Yuma, Ishikawa Ryo, Kuroda Shinji, Hirahara Toru	4. 巻 114
2. 論文標題 Role of hybridization and magnetic effects in massive Dirac cones: Magnetic topological heterostructures with controlled film thickness	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 051602-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5083059	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 Akiyama Ryota, Sumida Kazuki, Ichinokura Satoru, Nakanishi Ryosuke, Kimura Akio, Kokh Konstantin A, Tereshchenko Oleg E, Hasegawa Shuji	4. 巻 30
2. 論文標題 Shubnikov-de Haas oscillations in p and n-type topological insulator (Bi _{1-x} Sb _x) ₂ Te ₃	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 265001-1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/aac59b	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 Endo Y, Ichinokura S, Akiyama R, Takayama A, Sugawara K, Nomura K, Takahashi T, Hasegawa S	4. 巻 30
2. 論文標題 Weak localization in bilayer graphene with Li-intercalation/desorption	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 305701-1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648X/aaccc4	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 Shiomi Y., Yamamoto K. T., Nakanishi R., Nakamura T., Ichinokura S., Akiyama R., Hasegawa S., Saitoh E.	4. 巻 113
2. 論文標題 Efficient Edelstein effects in one-atom-layer TI-Pb compound	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 052401-1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5040546	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

〔学会発表〕 計82件（うち招待講演 13件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 平原 徹
2. 発表標題 放射光による磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ/サンドイッチ構造の電子状態と磁化特性評価
3. 学会等名 QST未来ラボ 次世代放射光利用研究グループ 2021年度公開ワークショップ「光電子分光とX線磁気分光の融合利用による量子マテリアルの研究」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平原 徹
2. 発表標題 自己組織化によるトポロジカル絶縁体の磁気拡張
3. 学会等名 2021年応物秋季学術講演会シンポジウム「理論と実験の協奏 スピントロニクス材料・現象・素子」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 角田一樹, 日下翔太郎, 竹田幸治, 小林功佳, 平原徹
2. 発表標題 膜厚および成長条件に依存したVSe ₂ 薄膜の電子状態
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林功佳, 角田一樹, 平原徹
2. 発表標題 単層V ₅ Se ₈ の磁気構造の計算
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福嶋隆司朗, 角田一樹, 竹田幸治, 田中清尚, 石原和宜, 一ノ倉 聖, 平原 徹
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体サンドイッチ構造の電子状態と磁化特性
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 W. Si, T. Tanaka, S. Ichinokura, T. Hirahara
2. 発表標題 Substrate-induced Broken C4 Symmetry and Gap Variation in Superconducting Single-layer FeSe/SrTiO ₃ - 13x 13
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 一ノ倉聖, 徳田啓, 福嶋隆司朗, 堀井健太郎, 遠山晴子, 秋山了太, 出田真一郎, 田中清尚, 清水亮太, 一杉太郎, 長谷川修司, 平原徹
2. 発表標題 Caがインターカレートしたグラフェンにおける2重ディラックバンドと層間電子状態
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平原 徹
2. 発表標題 単層FeSeの基板誘起の対称性の破れと超伝導ギャップの空間依存性
3. 学会等名 2021年度 極低温研究支援センター研究発表会
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 W. Si, T. Tanaka, S. Ichinokura, and T. Hirahara
2 . 発表標題 Substrate-induced Broken C4 Symmetry in Superconducting Monolayer FeSe/SrTiO3 - 13x 13
3 . 学会等名 29th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy(ICSPM29) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Takashiro, R. Akiyama, I. A. Kibirev, A. V. Matetskiy, R. Nakanishi, S. Sato, T. Fukasawa, T. Sasaki, H. Toyama, K. L. Hiwatari, A. V. Zotov, A. A. Saranin, T. Hirahara, S. Hasegawa
2 . 発表標題 Soft-Magnetic Skyrmions Induced by Surface-State Coupling in an Intrinsic Ferromagnetic Topological Insulator Sandwich Structure
3 . 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 K. Sumida, Y. Takeda, S. Kusaka, K. Kobayashi, T. Hirahara
2 . 発表標題 Short-range ferromagnetic interaction in a monolayer VSe2 film revealed by element-specific x-ray magnetic circular dichroism
3 . 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 S. Ichinokura, M. Toyoda, M. Hashizume, K. Horii, S. Kusaka, S. Ideta, K. Tanaka, R. Shimizu, T. Hitosugi, S. Saito, T. Hirahara
2 . 発表標題 Van Hove Singularity in Thickness Controlled Li-Intercalated Graphene
3 . 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Nakanishi, K. Nishio, S. Ichinokura, K. Shimizu, Y. Kobayashi, N. Nakamura, D. Imazeki, R. Shimizu, T. Hirahara, T. Hitosugi, and S. Watanabe
2. 発表標題 First-Principles Analysis on Band alignment of LiTi2O4 and SrTiO3 to Understand Ion Diffusion Modulation via Substrate Choice
3. 学会等名 The 9th International Symposium on Surface Science (ISSS-9) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福嶋 隆司朗, 角田 一樹, 竹田 幸治, 一ノ倉 聖, 平原 徹
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体サンドウィッチ構造の電子状態と磁化特性
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出高志朗, 小林俊博, 田中友晃, 一ノ倉聖, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 Nbドーブ SrTiO3上の単層 FeSeの電気伝導特性
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 一ノ倉 聖, 豊田 雅之, 橋爪 瑞葵, 堀井 健太郎, 日下 翔太郎, 出田 真一郎, 田中 清尚, 清水 亮太, 一杉 太郎, 斎藤 晋, 平原 徹
2. 発表標題 Liインターカレートしたグラフェンにおける van Hove特異性の層数依存性
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 司 文, 田中 友晃, 一ノ倉 聖, 平原 徹
2. 発表標題 Local effect of sqrt13xsqrt13 reconstruction on single-layer FeSe/SrTiO3
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 一ノ倉聖, 豊田雅之, 橋爪瑞葵, 堀井健太郎, 出田真一郎, 田中清尚, 清水亮太, 一杉太郎, 斎藤晋, 平原徹
2. 発表標題 Liインターカレートした単層および多層グラフェンにおける質量のあるディラックコーン
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 出高志朗, 小林俊博, 田中友晃, 一ノ倉聖, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 NbドープSrTiO3上の単層FeSeの電気伝導測定
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠山晴子, 秋山了太, 橋爪瑞葵, 一ノ倉聖, 飯盛拓嗣, 松井朋裕, 堀井健太郎, 佐藤瞬亮, 保原麗, 遠藤由大, 福山寛, 平原徹, 小森文夫, 長谷川修司
2. 発表標題 SiC基板上的Caインターカレートグラフェンにおける超伝導
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 角田一樹, 竹田幸治, 日下翔太郎, 小林功佳, 平原徹
2. 発表標題 軟X線磁気円二色性で探る単層VSe ₂ 薄膜の磁性
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 SI WEN, TOMOAKI TANAKA, SATORU ICHINOKURA, TORU HIRAHARA
2. 発表標題 Local Effect of Surface Reconstruction on Superconducting Monolayer FeSe on SrTiO ₃ 13 × 13
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平原徹, 角田一樹, 竹田幸治
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ構造のXMCD測定
3. 学会等名 文科省ナノテクプラットフォーム令和3年度利用成果発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠山晴子, 秋山了太, 佐藤瞬亮, 遠藤由大, 保原麗, 堀井健太郎, 橋爪瑞葵, 一ノ倉聖, 平原徹, 飯盛拓嗣, 小森文夫, 松井朋裕, 福山寛, 長谷川修司
2. 発表標題 Caインターカレート誘起フリースタンディンググラフェンにおける構造と超伝導の相関
3. 学会等名 日本表面真空学会 2021年度関東支部講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toru Hirahara
2. 発表標題 Self-assembled magnetic topological heterostructures
3. 学会等名 Workshop "MnBi2Te4-based magnetic topological insulators" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toru Hirahara
2. 発表標題 Superconductivity of monolayer FeSe films on SrTiO3 substrates with controlled surface superstructures
3. 学会等名 28th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy(ICSPM28) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平原 徹
2. 発表標題 界面を制御した単層FeSe/SrTiO3の超伝導研究
3. 学会等名 基研研究会「高温超伝導・非従来型超伝導研究の最前線：多様性と普遍性」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平原 徹
2. 発表標題 界面を制御した単層FeSe/SrTiO3の超伝導研究
3. 学会等名 物性研究所ワークショップ「ナノスケール物性科学の最先端と新展開」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 遠山晴子, 秋山了太, 佐藤瞬亮, 遠藤由大, 保原麗, 堀井健太郎, 橋爪瑞葵, 一ノ倉聖, 平原徹, 飯盛拓嗣, 小森文夫, 長谷川修司
2. 発表標題 フリースタANDING2層グラフェンにおけるCaインターカレート誘起超伝導
3. 学会等名 東京大学低温科学研究センター研究交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 日下翔太郎, 佐々木泰祐, Dmitrii Nabok, 角田一樹, 一ノ倉聖, 出田真一郎, 田中清尚, 宝野和博, Irene Aguilera, 平原徹
2. 発表標題 BiとTeからなるトポロジカル絶縁体超格子の作製とその電子状態
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 福嶋隆司朗, 角田一樹, 竹田幸治, 一ノ倉聖, 平原徹
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体サンドイッチ構造の電子状態と磁化特性
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 橋爪瑞葵, 一ノ倉聖, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 LiインターカレートしたSiC上のグラフェンの層数制御によるリフシツツ転移の観測
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 一ノ倉聖, Hemmi Adrian, 清水亮太, 一杉太郎, Greber Thomas, 平原徹
2. 発表標題 アルカリ金属蒸着による単原子層h-BNのエネルギーバンドシフト
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 平原 徹
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体への磁性原子層挿入による磁気拡張
3. 学会等名 2020年度 極低温研究支援センター研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平原 徹
2. 発表標題 界面を制御した単層FeSe/SrTiO ₃ の高温超伝導特性解明
3. 学会等名 新学術機能コア 第5回遠隔連携会議
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋爪瑞葵, 一ノ倉聖, 豊田雅之, 日下翔太郎, 出田真一郎, 田中清尚, 清水亮太, 一杉太郎, 齋藤晋, 平原徹
2. 発表標題 Li-インターカレーションによる 単層グラフェン/SiC(0001)の二層化とフラットバンドの占有
3. 学会等名 UVSORシンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高城拓也, 秋山了太, I. A. Kibirev, A. V. Matetskiy, 遠山晴子, 中西亮介, 樋渡功太, 平原徹, 深澤拓朗, A. V. Zotov, A. A. Saranin, 長谷川修司
2. 発表標題 強磁性トポロジカル絶縁体サンドイッチ構造Mn(Bi1-xSbx)2Te4/(Bi1-xSbx)2Te3/ Mn(Bi1-xSbx)2Te4/Si(111)のフェルミ準位制御による電気伝導特性変調
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 一ノ倉聖, Pedersen Asger, 田中友晃, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 超高真空中での独立駆動4探針電気伝導測定法によるFeSe超薄膜/SrTiO3の界面超伝導の検出
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 深澤拓朗, 日下翔太郎, 角田一樹, 橋爪瑞葵, 一ノ倉聖, 竹田幸治, 出田真一郎, 田中清尚, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ構造MnBi2Te4/Bi2Te3の構造、電子状態と磁性
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 田中友晃, 一ノ倉聖, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 SrTiO3(001)-13x13上に作成した単層FeSeの超伝導特性
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 橋爪瑞葵, 一ノ倉聖, 豊田雅之, 日下翔太郎, 出田真一郎, 田中清尚, 清水亮太, 一杉太郎, 斎藤晋, 平原徹
2. 発表標題 Li-インターカレーションによる単層グラフェン/SiC(0001)の二層化とフラットバンドの占有
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 平原 徹
2. 発表標題 Fabrication of novel topological materials and its electronic structure
3. 学会等名 UVSORシンポジウム2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平原 徹
2. 発表標題 トポロジカル超薄膜・ヘテロ構造の電子物性
3. 学会等名 「ポストグラフェン材料のデバイス開発研究会」第5回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平原 徹
2. 発表標題 トポロジカルヘテロ界面におけるスピンの流れ
3. 学会等名 2019年 日本表面真空学会学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toru Hirahara
2. 発表標題 Electronic structure of ultrathin Bi films: surface, bulk, edge states
3. 学会等名 Workshop on Spin-Orbit Interaction and G-factor (SOIG 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深澤拓朗, 日下翔太郎, 角田一樹, 一ノ倉聖, 出田真一郎, 田中清尚, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 Mn, Te蒸着Bi ₂ Te ₃ の構造と電子状態の蒸着量依存性
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林俊博, 田中友晃, 一ノ倉聖, 平原徹
2. 発表標題 -Al ₂ O ₃ (1120)上のNb薄膜の作製とSTM観察
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中友晃, 一ノ倉聖, 平原徹
2. 発表標題 SrTiO ₃ (001)上への 5 × 5-Fe超構造の作成とXPS測定
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋爪瑞葵, 一ノ倉聖, 日下翔太郎, 出田真一郎, 田中清尚, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 Li-インターカレーションによる単層グラフェン/SiCの二層化とフラットバンドの占有
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 一ノ倉聖, Hemmi Adrian, 清水亮太, 一杉太郎, Greber Thomas, 平原徹
2. 発表標題 アルカリ金属蒸着によるRh薄膜上単原子層hBNの価電子帯シフト
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 日下翔太郎, 横山喜一, 出田真一郎, 田中清尚, 佐々木泰祐, 一ノ倉聖, 宝野和博, 平原徹
2. 発表標題 Bi1Te1薄膜の作製とその表面電子状態
3. 学会等名 UVSORシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 一ノ倉聖, Hemmi Adrian, 清水亮太, 一杉太郎, Greber Thomas, 平原徹
2. 発表標題 Li 照射による単原子層 h-BN の電子バンドシフト
3. 学会等名 2019年 日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中友晃, 秋山健太, 一ノ倉聖, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 SrTiO ₃ (001)-c(6×2)上に作成した単層FeSeの超伝導特性
3. 学会等名 2019年 日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋由弦, 一ノ倉聖, 横山喜一, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 シリセン作製基板としてのCaF ₂ 薄膜の成長
3. 学会等名 2019年 日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林俊博, 一ノ倉聖, 平原徹
2. 発表標題 -Al ₂ O ₃ (11-20)面における Nb(110)薄膜の成長
3. 学会等名 2019年 日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日下翔太郎, 横山喜一, 出田真一郎, 田中清尚, 一ノ倉聖, 平原徹
2. 発表標題 Bi ₁ Te ₁ 薄膜の作製とその表面電子状態
3. 学会等名 2019年 日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平原徹, 日下翔太郎, 深澤拓郎, 一ノ倉聖, 小林正起, 竹田幸治, 佐々木泰祐, 宝野和博, 白澤徹郎, 友弘雄太, 黒田眞司
2. 発表標題 磁性トポロジカル絶縁体ヘテロ構造Mn,Te/Bi ₂ Te ₃ における磁性と構造
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 田中友晃, 秋山健太, 一ノ倉聖, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 SrTiO ₃ (001)-c(6×2)上の単層FeSeの超伝導特性
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 Asger Pedersen, 一ノ倉聖, 田中友晃, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 超高真空中での電気伝導測定によるFeSe超薄膜/SrTiO ₃ の超伝導の研究: 界面の磁性原子による影響
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. Tanaka, K. Akiyama, S. Ichinokura, R. Shimizu, T. Hitosugi, and T. Hirahara
2. 発表標題 Superconducting properties of single layer FeSe/STO-c6x2
3. 学会等名 The 17th International Conference on the Formation of Semiconductor Interfaces (ICFSI-17) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋由弦, 一ノ倉聖, 横山喜一, 清水亮太, 一杉太郎, 平原徹
2. 発表標題 シリセン作製基板としてのCaF ₂ 薄膜の成長
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年度 関東支部学術講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中友晃, 秋山健太, 芳野諒, 一ノ倉聖, 平原徹
2. 発表標題 単一ユニットセルFeSeの超伝導特性におけるSrTiO ₃ 基板の表面超構造の効果
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年度 関東支部学術講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林俊博, 田中友晃, 一ノ倉聖, 平原徹
2. 発表標題 Bi(111)薄膜表面のSTM/STS 測定
3. 学会等名 日本表面真空学会 2019年度 関東支部学術講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toru Hirahara
2. 発表標題 Bi and Bi alloy films: Platforms for topological physics
3. 学会等名 9th International Workshop on Bismuth-Containing Semiconductors (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平原 徹
2. 発表標題 ビスマス薄膜の電子状態：表面、バルク、その他
3. 学会等名 スピン軌道強結合伝導系におけるサイエンスの新展開（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平原 徹
2. 発表標題 SrTiO ₃ 基板上的単層FeSe薄膜の超伝導研究
3. 学会等名 平成30年度 東工大極低温研究支援センター研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平原 徹
2. 発表標題 磁性原子層埋め込みによるトポロジカル絶縁体の磁気拡張
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会 領域4,3,7,8,9シンポジウム 低次元トポロジカル絶縁体・スピン物性の新展開（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中友晃, 秋山健太, 芳野諒, 平原徹
2. 発表標題 単一ユニットセル FeSe における超伝導特性の STO 基板表面超構造への依存性
3. 学会等名 日本表面科学会第3回関東支部講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥山裕磨、石川諒、黒田眞司、平原徹
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体/磁性絶縁体超薄膜ヘテロ構造における強磁性とサイズ効果の協奏・競合
3. 学会等名 日本表面科学会第3回関東支部講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Tanaka, K. Akiyama, R. Yoshino, S. Ichinokura, T. Hirahara
2. 発表標題 Superconductivity of Single Unit-cell FeSe on STO with different surface superstructures
3. 学会等名 The 3rd Asia-Pacific Symposium on Solid Surfaces & Cross-Strait Symposium on Solid Surfaces (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 日下翔太郎, 平原徹
2. 発表標題 ヘテロ接合作製によるトポロジカル表面状態の制御
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中友晃, 秋山健太, 芳野諒, 一ノ倉聖, 平原徹
2. 発表標題 単層FeSeの超伝導特性におけるSrTiO3基板の表面超構造依存性
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会 2018年9月
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥山裕磨、石川諒、黒田眞司、平原徹
2. 発表標題 トポロジカル絶縁体/磁性絶縁体超薄膜ヘテロ構造における強磁性とサイズ効果の協奏・競合
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会 2018年9月
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 日下翔太郎、横山喜一、出田真一郎、田中清尚、平原徹
2. 発表標題 Bi1Te1薄膜の作製とその表面電子状態
3. 学会等名 UVSORシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横山喜一、奥山裕磨、宮本幸治、出田真一郎、奥田太一、田中清尚、平原徹
2. 発表標題 MnとTeを蒸着したBi2Te3の電子構造とその温度依存性
3. 学会等名 UVSORシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Kusaka, K. Yokoyama, S. Ideta, K. Tanaka, T. Hirahara
2. 発表標題 Fabrication of Bi1Te1 ultrathin films and the surface electronic structure
3. 学会等名 BEC2018X (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Yokoyama, Y. Okuyama, K. Miyamoto, S. Ideta, T. Okuda, K. Tanaka, T. Hirahara
2. 発表標題 Band dispersion of Bi ₂ Te ₃ with Mn and Te deposition and its temperature dependence
3. 学会等名 BEC2018X (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深澤拓朗、横山喜一、白澤徹郎、一ノ倉聖、清水亮太、一杉太郎、平原徹
2. 発表標題 LEED-IV測定装置の立ち上げとMn、Te蒸着Bi ₂ Te ₃ の構造解析
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 高橋由弦、一ノ倉聖、横山喜一、清水亮太、一杉太郎、平原徹
2. 発表標題 シリセン作製基板としてのCaF ₂ 薄膜の成長と電子状態評価
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 小林俊博、田中友晃、一ノ倉聖、平原徹
2. 発表標題 Bi(111)薄膜表面のSTM/STS測定
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 日下翔太郎、横山喜一、出田真一郎、田中清尚、一ノ倉聖、平原徹
2. 発表標題 Bi1Te1薄膜の作製とその表面電子状態
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 田中友晃、秋山健太、芳野諒、一ノ倉聖、平原徹
2. 発表標題 単層FeSeの超伝導特性におけるSrTiO3基板の表面超構造の効果
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 監修者 柚原淳司 執筆者 平原徹(1-4 分担執筆)、他50名	4. 発行年 2020年
2. 出版社 (株)エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 448
3. 書名 ポストグラフェン材料の創製と用途開発最前線	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>平原研究室ホームページ https://www.hiraharalab-phys-titech.com/</p>

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	秋山 了太 (Akiyama Ryota) (40633962)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・助教 (12601)	

	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
研究協力者	一ノ倉 聖 (Ichinokura Satoru)		
研究協力者	角田 一樹 (Sumida Kazuki)		
研究協力者	竹田 幸治 (Takeda Yukiharu)		
研究協力者	佐々木 泰祐 (Sasaki Taisuke)		

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		
スペイン	Donostia International Physics Center	Centro de Fisica de Materiales	
ロシア連邦	St. Petersburg State University	Tomsk University	