

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02014

研究課題名(和文)f電子系インターフェースの物理の開拓と新奇素子への展開

研究課題名(英文)Physics of the interface of f-electron systems and development to the novel devices

研究代表者

寺嶋 孝仁(Terashima, Takahito)

京都大学・理学研究科・教授

研究者番号：40252506

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,600,000円

研究成果の概要(和文)：f電子系希土類金属間化合物について、精密なナノ構造制御をMBE成長技術により実現し、その表面/界面および低次元系を舞台とした新奇な物理現象の創製を行った。重い電子系超伝導体(CeCoIn5)と反強磁性体(CeRhIn5)人工超格子において、圧力を印加し、CeRhIn5を量子臨界点に到達させると、界面を通してCeCoIn5層に磁気ゆらぎが注入され、超強結合超伝導状態になることが明らかになった。STMのその場観測により重い電子系エピタキシャル薄膜の表面状態、電子状態の観測に初めて成功し、CeCoIn5の超伝導状態、Znを不純物としてドーピングした場合の超伝導の抑制機構を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Well-defined surfaces and interfaces of f-electron systems have been realized by using molecular beam epitaxy technique. We have grown hybrid-type superlattices comprising of the heavy-fermion superconductor CeCoIn5 and antiferromagnetic metal CeRhIn5. We have found that the superconducting properties changes dramatically by applying pressure, implying that the injection of the magnetic fluctuation through the interface plays an important role to control the nature of superconducting electron pairs. We have also succeeded in the in-situ scanning tunneling microscope observation for the epitaxial thin films of heavy-fermion compounds for the first time and revealed the suppression mechanism of the superconductivity by nonmagnetic Zn impurity doping.

研究分野：結晶成長

キーワード：重い電子系 超伝導 MBE STM 希土類金属間化合物 人工超格子 二次元 界面

1. 研究開始当初の背景

f 電子を持つ希土類元素を含む金属間化合物では、f 電子と伝導電子が近藤効果により混成し、狭いバンドが形成されることで、電子の有効質量が自由電子の 100~1000 倍に達する「重い電子状態」が出現する。さらに、超伝導電子対の対称性が多彩な「異方的超伝導」など、固体物理学において長きに亘り議論されてきた種々な興味ある現象が発現する。ここで、f 電子系化合物の結晶表面/界面に着目すると、そこでは結晶の終端、他の構造への変化により、本質的に空間反転対称性が破れるためバルクにはない新奇な電子状態、超伝導状態の発現が期待できる。このような空間反転対称性の破れに起因する新奇な物理現象は最近の固体物理学における中心的なテーマの1つである。例えば、大きなスピン-軌道相互作用によりフェルミ面が分裂し、超伝導電子対の対称性においてスピン一重項と三重項が本質的に混成する状態や、磁場中でヘリカル渦糸相と呼ばれる状態などエキゾチックな超伝導状態が出現することが理論的に提唱されている。

2. 研究の目的

本研究はこれまでに確立した分子線エピタキシー (MBE) 法による、f 電子系金属間化合物薄膜の精密な作製技術を駆使して、f 電子系の新奇な表面/界面および人工超格子などの低次元系を設計・実現する。そして、そこで発現する新奇現象の探索を総合的に行い、f 電子系の界面現象の研究を発展させるとともに、f 電子系のエレクトロニクス、スピントロニクスの創製につながる学理の構築を目指すものである。

3. 研究の方法

f 電子系金属間化合物の薄膜、人工超格子、各種ヘテロ構造を作製し、f 電子系の表面、他の物質との界面において発現する新奇な現象について、極低温・強磁場の環境下での STM のその場観測や種々の輸送現象測定により解明を行う。

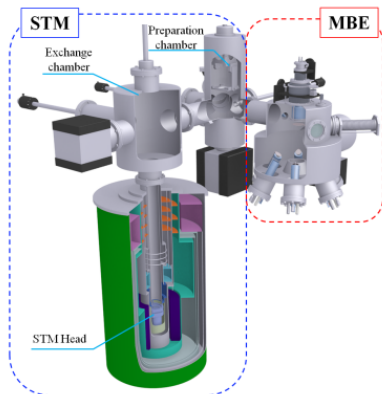


図1 MBE-STM 複合装置。

特に本研究における主要な目標は重い電子

系金属間化合物において初めてとなるエピタキシャル薄膜の STM その場観測の実現である。MBE 法で作製したエピタキシャル薄膜を MBE 装置に直結した STM に 10^{-8} Pa の超高真空中で搬送し、その表面の原子構造を観測し、併せて 300mK の極低温における STS 測定により、電子状態および超伝導状態の観測を行う。

4. 研究成果

(1) 重い電子系人工超格子

① 重い電子系超伝導体/反強磁性体ハイブリッド人工超格子 (論文①)

超伝導体(CeCoIn₅)/反強磁性体(CeRhIn₅)人工超格子 (図2) について、基板上に成長した試料に最大2.4GPaの高圧力を印加して、極低温まで輸送現象を測定する技術を確認することができた。

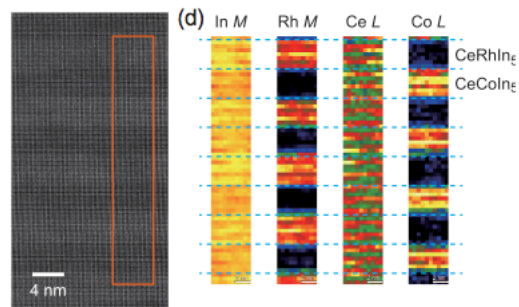


図2 (a)CeCoIn₅(5層)/CeRhIn₅(5層)人工超格子の断面TEM像。CeCoIn₅のc軸が基板面に垂直。(b)TEM像の領域に対応するEELSによる組成分布。相互拡散のほとんどない設計した超格子構造が形成されていることが分かる。

これまで、人工超格子において、制御パラメータとしては不連続である層数の変化により、量子臨界性の制御を行ってきたが、連続的にパラメータを変化させることができる圧力変化により、精密に量子臨界点付近の物性変化を観測することが可能になった。

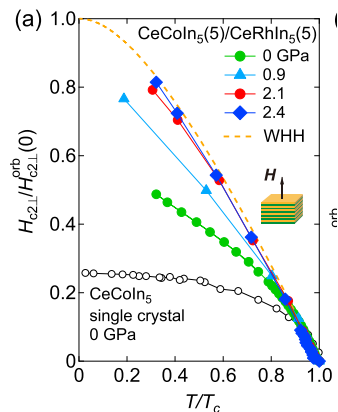


図3 人工超格子の上部臨界磁場 (H_{c2}) (0Kでの軌道効果による H_{c2} で規格化されている。磁場はc軸方向)の温度変化。赤い点線は軌道効果による H_{c2} (計算値)。

図3はCeCoIn₅/CeRhIn₅人工超格子について、圧力を変化させた場合の上部臨界磁場 (H_{c2})

の温度依存性である。バルクのCeCoIn₅ではH_{c2}はパウリ効果により決まるが、圧力印加により、軌道効果による曲線にほぼ一致するようになる。これは、圧力印加により、パウリ効果によるH_{c2} (=√2Δ/gμ_B: デルタは超伝導ギャップ)が増大することを意味している。圧力を印加してCeRhIn₅の反強磁性を抑制し、量子臨界点に到達させると、界面を通してCeCoIn₅層に磁気ゆらぎが注入されることで、Δが大きい超強結合超伝導状態になることを示している(図4)。

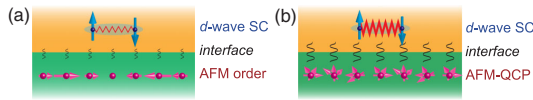


図4 (a)反強磁性体と重い電子系d波超伝導体の接合、(b)反強磁性体を量子臨界点に導いたとき、磁気ゆらぎが超伝導体に注入され、超強結合超伝導となる様子の模式図。

②通常金属 A/重い電子系超伝導体/通常金属 B (トリコロール) 人工超格子 (論文③)

重い電子系超伝導体 CeCoIn₅ (n 層) と 2 種類の通常金属 YbCoIn₅ (3 層)、YbRhIn₅ (3 層) からなるトリコロール人工超格子では超伝導層から見て、グローバルな空間反転対称性の破れが導入される。これにより、CeCoIn₅/YbCoIn₅ 等の局所的に空間反転対称性が破れた 2 層系人工超格子と比べて、超伝導上部臨界磁場 (H_{c2}) についてパウリ常磁性効果が大きく抑制され、軌道効果による抑制に近い、バルクと全く異なる超伝導状態が実現

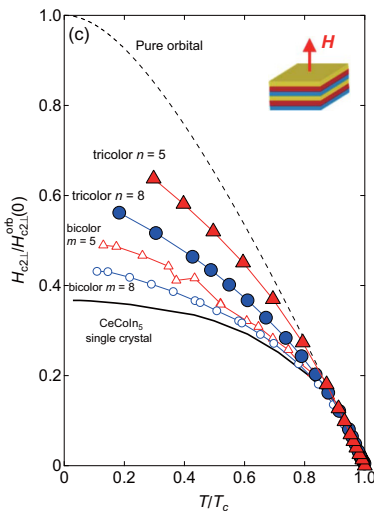


図5 トリコロール人工超格子と2層系人工超格子の上部臨界磁場 (H_{c2}) の温度変化。

していることが明らかになった。さらに低温において H_{c2} が上向きの温度変化を示し、理論的に提唱されているストライプ超伝導、ヘリカル超伝導を示唆する結果が得られた。

(2) 重い電子系エピタキシャル薄膜のSTMその場観測(論文②)

MBE 法により作製した CeCoIn₅ 薄膜について STM のその場観測を初めて行い、f 電子と伝導電子の混成ギャップ、超伝導ギャップ

を観測することに成功した。MBE 法により超高真空中でエピタキシャル成長させた薄膜は、原子レベルで極めて平坦であり、不純物の少ない清浄な表面を有していることが判明した。この結果は原子層単位の厚みしか持たない2次元近藤格子の作製が初めて可能となったことを意味している。

CeCoIn₅ に不純物として Zn をドーブした系について、サイト選択的に電子状態、超伝導状態を測定することに成功した。その結果、f 電子と伝導電子のつくる混成ギャップの内部で、In 位置を置換した Zn の周りの局

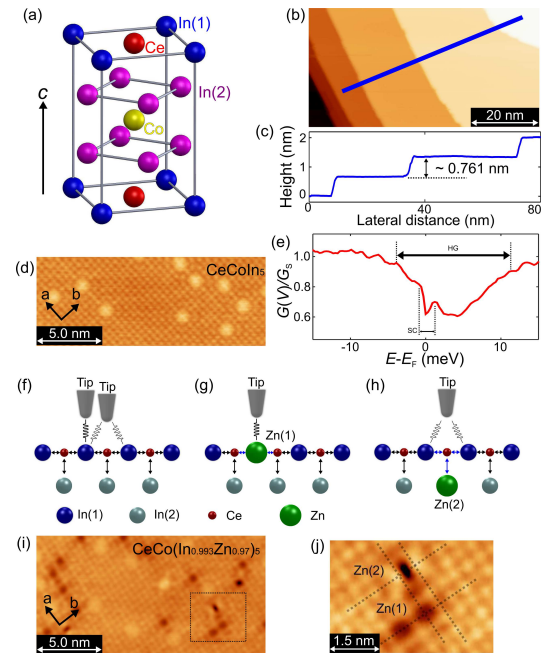


図6 CeCoIn₅ に不純物として Zn をドーブした試料の STM 測定の結果。(a) CeCoIn₅ の結晶構造。(b) Zn ドープしていない CeCoIn₅ 薄膜の表面 STM 像。1 ユニットセルの高さのステップ構造が見られ、~数十 nm の広い範囲で原子レベルで平坦な表面が現れている。(e) Zn ドープしていない CeCoIn₅ 薄膜のトンネルコンダクタンス。SG は超伝導ギャップ、HG は f 電子と伝導電子の混成ギャップ。(f)-(h) サイト選択的測定の模式図。Zn は In (1) サイトと In (2) サイトの両方に置換される。(i) Zn を 0.7% ドープした試料の STM 像。(j) Zn (1) と Zn (2) が明瞭に識別されている。

所的な状態密度は置換されていない In 位置の局所的な状態密度とほとんど変化していないことが明らかになった。また、超伝導ギャップについても Zn 位置と In 位置で変化がほとんどないことも確認された。このことは Zn の周りで局所的に反強磁性の秩序状態を持つ非超伝導領域が形成されるという、従来提唱されている描像とは異なるものであることが示された。

薄膜試料では、単位胞のステップエッジに加えて、螺旋転位構造(スクリュウ・ディスロケーション)などの薄膜試料の清浄表面に固有なトポロジカル構造がみられることも判明した。このような特異なトポロジカル構造や通常金属 YbCoIn₅ の上に成長した単層の

CeCoIn₅ で起こる d 波超伝導は、強相関トポロジカル現象の一例となることが期待でき、新しい研究の展開のための基礎を確立することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 18 件)

- ① M. Naritsuka, P.F.S. Rosa, Yongkang Luo, Y. Kasahara, Y. Tokiwa, T. Ishii, S. Miyake, T. Terashima, T. Shibauchi, F. Ronning, J.D. Thompson, and Y. Matsuda, Tuning the pairing interaction in a d -wave superconductor by paramagnons injected through interfaces, *Phys. Rev. Lett.*, 査読有, 120, 2018, 187002 [1-6]
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.187002>
- ② Haze Masahiro, Torii Yohei, Peters Robert, Kasahara Shigeru, Kasahara Yuichi, Shibauchi Takasada, Terashima Takahito, and Matsuda Yuji, In Situ STM Observation of Nonmagnetic Impurity Effect in MBE-grown CeCoIn₅ Films, *Journal of the Physical Society of Japan*, 査読有, 87, 2018, 034702[1-8]
<https://doi.org/10.7566/JPSJ.87.034702>
- ③ Naritsuka M., Ishii T., Miyake S., Tokiwa Y., Toda R., Shimozawa M., Terashima T., Shibauchi T., Matsuda Y., and Kasahara Y., Emergent exotic superconductivity in artificially engineered tricolor Kondo superlattices, *Physical Review B*, 査読有, 96, 2017, 174512[1-11]
<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.96.174512>
- ④ Yamanaka Takayoshi, Shimozawa Masaaki, Shishido Hiroaki, Kitagawa Shunsaku, Ikeda Hiroaki, Shibauchi Takasada, Terashima Takahito, Matsuda Yuji, and Ishida Kenji, Magnetic and superconducting properties of a heavy-fermion CeCoIn₅ epitaxial film probed by nuclear quadrupole resonance, *Physical Review B*, 査読有, 96, 2017, 060507[1-5]
<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.96.060507>
- ⑤ Iwaya K., Kohsaka Y., Okawa K., Machida T., Bahramy M. S., Hanaguri T., and Sasagawa T., Full-gap superconductivity in spin-polarised surface states of topological semimetal β -PdBi₂, *Nature Communications*, 査読有, 8, 2017, 976[1-7]
<https://doi.org/10.1038/s41467-017-01209-9>
- ⑥ Machida T., Kohsaka Y., Iwaya K., Arita R., Hanaguri T., Suzuki R., Ochi M., and Iwasa Y., Orbital-dependent quasiparticle scattering interference in 3R-NbS₂, *Physical Review B*, 査読有, 96, 2017, 075206[1-12]
<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.96.075206>
- ⑦ Nomoto Takuya, and Ikeda Hiroaki, Symmetry-Protected Line Nodes in Non-symmorphic Magnetic Space Groups: Applications to UCoGe and UPd₂Al₃, *Journal of the Physical Society of Japan*, 査読有, 86, 2017, 023703[1-5]
<https://doi.org/10.7566/JPSJ.86.023703>
- ⑧ Suzuki Katsuhiko, Usui Hidetomo, Kuroki Kazuhiko, Ikeda Hiroaki, *Physical Review B*, 査読有, 96, 2017, 024513[1-6]
<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.96.024513>
- ⑨ Y. Kohsaka, T. Machida, K. Iwaya, M. Kanou, T. Hanaguri, and T. Sasagawa, Spin-orbit scattering visualized in quasiparticle interference, *Phys. Rev. B*, 査読有, 95, 2017, 115307[1-9]
<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.95.115307>
- ⑩ T. Ishii, R. Toda, Y. Hanaoka, Y. Tokiwa, M. Shimozawa, Y. Kasahara, R. Endo, T. Terashima, A.H. Nevidomskyy, T. Shibauchi, and Y. Matsuda, Tuning of magnetic quantum criticality in artificial Kondo superlattice CeRhIn₅/YbRhIn₅, *Phys. Rev. Lett.*, 査読有, 116, 2016, 206401[1-5]
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.206401>
- ⑪ Y. Tokiwa, T. Yamashita, M. Udagawa, S. Kittaka, T. Sakakibara, D. Terazawa, Y. Shimoyama, T. Terashima, Y. Yasui, T. Shibauchi, Y. Matsuda, Possible observation of highly itinerant quantum magnetic monopoles in the frustrated pyrochlore Yb₂Ti₂O₇, *Nature Commun.*, 査読有, 7, 2016, 10807[1-6]
<https://doi.org/10.1038/ncomms10807>
- ⑫ S. Kasahara, T. Yamashita, A. Shi, R. Kobayashi, Y. Shimoyama, T. Watashige, K. Ishida, T. Terashima, T. Wolf, F. Hardy, C. Meingast, H. v. Lohneysen, A. Levchenko, T. Shibauchi, and Y. Matsuda, Giant superconducting fluctuations in the compensated semimetal FeSe at the BCS-BEC crossover, *Nature Commun.*, 査読有, 7, 2016, 12843[1-7]
<https://doi.org/10.1038/ncomms12843>
- ⑬ Machida, Y. Kohsaka, K. Matsuoka, K. Iwaya, T. Hanaguri and T. Tamegai, Bipartite electronic superstructures in the vortex core of Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+ δ} , *Nature Commun.*, 査読有, 7, 2016, 11747[1-6]
<https://doi.org/10.1038/ncomms11747>
- ⑭ T. Nomoto, K. Hattori, and H. Ikeda, Classification of multipole superconductivity in multi-orbital systems and its implications, *Phys. Rev. B*, 査読有, 94, 2016, 174513[1-18]
<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.94.174513>
- ⑮ Y. Tokiwa, T. Yamashita, M. Udagawa, S. Kittaka, T. Sakakibara, D. Terazawa, Y. Shimoyama, T. Terashima, Y. Yasui, T. Shibauchi, Y. Matsuda, Possible observation of highly itinerant quantum magnetic monopoles in the frustrated pyrochlore Yb₂Ti₂O₇, *Nature Commun.*, 査読有, 7, 2016,

10807[1-6]
<https://doi.org/10.1038/ncomms10807>

- ⑬ Ying-Shuang Fu, T. Hanaguri, K. Igarashi, M. Kawamura, M. S. Bahramy, and T. Sasagawa, Observation of Zeeman effect in topological surface state with distinct material dependence, *Nature Commun.*, 査読有, 7, 2016, 10829[1-6]
<https://doi.org/10.1038/ncomms10829>
- ⑭ T. Yamanaka, M. Shimozawa, R. Endo, Y. Mizukami, H. Shishido, T. Terashima, T. Shibauchi, Y. Matsuda, and K. Ishida, Interface between Heavy Fermions and Normal Electrons Investigated by Spatially Resolved Nuclear Magnetic Resonance, *Phys. Rev. B*, 査読有, 92, 2015, 241105(R)[1-5]
<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.92.241105>
- ⑮ T. Watashige, Y. Tsutsumi, T. Hanaguri, Y. Kohsaka, S. Kasahara, A. Furusaki, M. Sgrist, C. Meingast, T. Wolf, H.v. Lohneysen, T. Shibauchi, and Y. Matsuda, Evidence for Time-Reversal Symmetry Breaking of the Superconducting State near Twin-Boundary Interfaces in FeSe Revealed by Scanning Tunneling Spectroscopy, *Phys. Rev. X*, 査読有, 5, 2015, 031022[1-12]
<https://doi.org/10.1103/PhysRevX.5.031022>

[学会発表] (計 32 件)

- ① 成塚政裕、三宅聡平、下澤雅明、芝内孝禎、笠原裕一、寺嶋孝仁、松田祐司、CeCoIn₅/CeIn₃近藤超格子の超伝導状態、日本物理学会第73回年次大会(2018年)、2018年
- ② 石井智大、橋本浩法、土師将裕、柏谷聡、三宅亮、芳賀芳範、寺嶋孝仁、芝内孝禎、笠原裕一、松田祐司、カイラル超伝導体におけるエッジ電流の検出に向けた微小SQUIDの作製、日本物理学会第73回年次大会(2018年)、2018年
- ③ 仲嶺元輝、山中隆義、北川俊作、石田憲二、石井智大、成塚政裕、鳥井陽平、下澤雅明、宍戸寛明、笠原成、常盤欣文、笠原裕一、水上雄太、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田祐司、¹¹⁵In-NMR/NQR で観る人工超格子 CeCoIn₅/CeRhIn₅ 及びエピタキシャル膜 CeRhIn₅ の磁気構造の層数依存性、日本物理学会第73回年次大会(2018年)、2018年
- ④ 末松知夏、佐野大樹、鳥井陽平、土師将裕、笠原成、笠原裕一、寺嶋孝仁、芝内孝禎、花栗哲郎、松田祐司、STMを用いたCeRhIn₅における混成ギャップの観測、日本物理学会第73回年次大会(2018年)、2018年
- ⑤ 河村健志、北川俊作、石田憲二、笠原成、松田祐司、寺嶋孝仁、芝内孝禎、水上雄太、31P-NMRによる単結晶BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂の反強磁性と超伝導の圧力変化の研究、日本物理学会2017年秋季大会、2017年
- ⑥ 末松知夏、土師将裕、鳥井陽平、笠原成、笠原裕一、寺嶋孝仁、芝内孝禎、花栗哲郎、松田祐司、STMから見る重い電子系超伝導体CeCoIn₅における磁性不純物効果、日本物理学会2017年秋季大会、2017年
- ⑦ 土師将裕、末松知夏、鳥井陽平、笠原成、笠原裕一、花栗哲郎、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田祐司、STMから見る重い電子系超伝導体CeCoIn₅における磁性不純物効果、日本物理学会2017年秋季大会、2017年
- ⑧ 鳥井陽平、末松知夏、土師将裕、笠原成、笠原裕一、寺嶋孝仁、芝内孝禎、花栗哲郎、松田祐司、重い電子系化合物CeRhIn₅薄膜のSTM/STS測定、日本物理学会2017年秋季大会、2017年
- ⑨ 仲嶺元輝、山中隆義、北川俊作、石田憲二、石井智大、成塚政裕、鳥井陽平、下澤雅明、宍戸寛明、笠原成、常盤欣文、笠原裕一、水上雄太、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田祐司、NMR/NQRによる重い電子系人工超格子 CeCoIn₅/CeRhIn₅ 及び CeRhIn₅ 単結晶膜の磁気状態の研究、日本物理学会2017年秋季大会、2017年
- ⑩ 成塚政裕、石井智大、三宅聡平、下澤雅明、芝内孝禎、常盤欣文、P.F.S. Rosa, Y. Luo, F. Ronning, J.D Thompson, 笠原裕一、寺嶋孝仁、松田祐司、重い電子系 CeCoIn₅/CeRhIn₅ ハイブリッド超格子の圧力下における上部臨界磁場精密角度依存性、日本物理学会2017年秋季大会、2017年
- ⑪ 三宅聡平、石井智大、成塚政裕、笠原裕一、芝内孝禎、下澤雅明、寺嶋孝仁、松田祐司、重い電子系 CeCoIn₅/CeIn₃ ヘテロ構造の超伝導状態、日本物理学会2017年秋季大会、2017年
- ⑫ 橋本浩法、土師将裕、柏谷聡、三宅亮、芳賀芳範、寺嶋孝仁、芝内孝禎、笠原裕一、松田祐司、Micro SQUIDを用いたURu₂Si₂におけるカイラルエッジ電流の検出、日本物理学会2017年秋季大会、2017年
- ⑬ 安井勇気、Kaveh Lahabi、Muhammad Shahbaz Anwar、米澤進吾、寺嶋孝仁、Jan Aarts、前野悦輝、Sr₂RuO₄微小リングにおけるSQUID振動、日本物理学会 2017年秋季大会、2017年
- ⑭ T. Hanaguri, Scanning Tunneling Microscopy as a Tool for Superconductivity Research, 30th International Symposium on Superconductivity (ISS2017)(招待講演)(国際学会), 2017年
- ⑮ T. Hanaguri, STM studies of superconductivity and nematicity in FeSe_{1-x}S_x, SUPERSTRIPES2017(招待講演)(国際学会), 2017年
- ⑯ H. Ikeda, The Hidden order in URu₂Si₂ unveiled?, International Workshop on Multipole Physics and Related Phenomena(国際学会), 2017年
- ⑰ 山中隆義、下澤雅明、遠藤僚太、水上雄太、宍戸寛明、北川俊作、池田浩章、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田祐司、石田憲二、CeCoIn₅ 薄膜におけるブロードなNQRスペクトル

- と核スピン格子緩和率の分布、日本物理学会第72回年次大会(2017年)、2017年
- ⑱ 鳥井陽平、土師将裕、WenKai Huang、土屋佑太、笠原成、笠原裕一、寺嶋孝仁、芝内孝禎、花栗哲郎、松田祐司、STM/STSからみたCeCoIn₅薄膜における近藤ホールの電子状態I、日本物理学会第72回年次大会(2017年)、2017年
- ⑲ 三宅聡平、鳥井陽平、石井智大、成塚政裕、笠原成、笠原裕一、寺嶋孝仁、松田祐司、芝内孝禎、下澤雅明、層数制御したCeCoIn₅/CeRhIn₅ハイブリッド超格子における超伝導と磁性、日本物理学会第72回年次大会(2017年)、2017年
- ⑳ 成塚政裕、Priscila F. S. Rosa、Yongkang Luo、Filip Ronning、Joe D. Thompson、石井智大、三宅聡平、下澤雅明、芝内孝禎、常盤欣文、笠原裕一、寺嶋孝仁、松田祐司、CeCoIn₅/CeRhIn₅ハイブリッド超格子の圧力下における超強結合状態、日本物理学会第72回年次大会(2017年)、2017年
- ㉑ 仲嶺元輝、山中隆義、北川俊作、石田憲二、石井智大、成塚政裕、鳥井陽平、下澤雅明、宍戸寛明、笠原成、常盤欣文、笠原裕一、水上雄太、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田祐司、⁵⁹Co-NMRによる人工超格子CeCoIn₅/CeRhIn₅とCeCoIn₅/YbCoIn₅の比較、日本物理学会第72回年次大会(2017年)、2017年
- ㉒ 石井智大、成塚政裕、三宅聡平、下澤雅明、笠原成、笠原裕一、芝内孝禎、寺嶋孝仁、石田憲二、松田祐司、トリコロール近藤超格子におけるエキゾチック超伝導相、日本物理学会第72回年次大会(2017年)、2017年
- ㉓ 三宅聡平、石井智大、成塚政裕、鳥井陽平、下澤雅明、笠原成、常盤欣文、笠原裕一、芝内孝禎、寺嶋孝仁、石田憲二、松田祐司、CeCoIn₅トリコロール超格子によるPauli対破壊効果の人工制御、日本物理学会2016年秋季大会、2016年
- ㉔ 成塚政裕、石井智大、鳥井陽平、下澤雅明、笠原成、常盤欣文、笠原裕一、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田祐司、CeRhIn₅/CeCoIn₅ハイブリッド超格子における圧力下強結合超伝導状態の実現、日本物理学会2016年秋季大会、2016年
- ㉕ 山中隆義、下澤雅明、北川俊作、遠藤僚太、水上雄太、宍戸寛明、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田祐司、石田憲二、RCoIn₅薄膜(R = Ce, Yb)における核四重極共鳴測定、日本物理学会2016年秋季大会、2016年
- ㉖ 鳥井陽平、成塚政裕、綿重達哉、花岡洋祐、笠原成、笠原裕一、寺嶋孝仁、芝内孝禎、花栗哲郎、松田祐司、La置換CeCoIn₅エピタキシャル薄膜のSTM/STS測定による近藤ホールの観測、日本物理学会2016年秋季大会、2016年
- ㉗ 石井智大、戸田琳太郎、鳥井陽平、成塚政裕、下澤雅明、花岡洋祐、笠原成、常盤欣文、笠原裕一、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田

- 祐司、ハイブリッド超格子CeRhIn₅/CeCoIn₅における量子臨界性、日本物理学会第71回年次大会、2016年
- ㉘ 鳥井陽平、石井智大、戸田琳太郎、成塚政裕、下澤雅明、花岡洋祐、笠原成、常盤欣文、笠原裕一、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田祐司、ハイブリッド超格子CeRhIn₅/CeCoIn₅の超伝導特性、日本物理学会第71回年次大会、2016年
- ㉙ 花栗哲郎、STM/STSで見たFeSeの超伝導状態とネマティック状態、日本物理学会第71回年次大会、2016年
- ㉚ 成塚政裕、遠藤僚太、戸田琳太郎、石井智大、下澤雅明、花岡洋祐、笠原成、常盤欣文、笠原裕一、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田祐司、CeCoIn₅系トリコロール超格子によるグローバルな空間反転対称性の破れの導入、日本物理学会2015年秋季大会、2015年
- ㉛ 石井智大、遠藤僚太、戸田琳太郎、成塚政裕、下澤雅明、花岡洋祐、笠原成、常盤欣文、笠原裕一、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田祐司、重い電子系ハイブリッド超格子CeRhIn₅/CeCoIn₅における輸送測定、日本物理学会2015年秋季大会、2015年
- ㉜ 山中隆義、下澤雅明、遠藤僚太、水上雄太、宍戸寛明、芝内孝禎、寺嶋孝仁、松田祐司、石田憲二、¹¹⁵In-NMRでみた重い電子系超格子CeCoIn₅/YbCoIn₅の界面の電子状態、日本物理学会2015年秋季大会、2015年

[図書] (計 1 件)

- ① 花栗哲郎 他、裳華房、超伝導磁束状態の物理(門脇和男 編)、2017、692

[その他]

ホームページ：
<http://kotai2.scphys.kyoto-u.ac.jp/index.php>

6. 研究組織

(1)研究代表者

寺嶋孝仁 (TERASHIMA, Takahito)
京都大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：40252506

(2)研究分担者

笠原裕一 (KASAHARA, Yuichi)
京都大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：10511941

花栗哲郎 (HANAGURI, Tetsuro)
独立行政法人理化学研究所・創発物性科学研究センター・チームリーダー
研究者番号：40251326

池田浩章 (IKEDA, Hiroaki)
立命館大学・理工学部・教授
研究者番号：90311737