

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03854

研究課題名（和文）新奇ウラン系重い電子系超伝導におけるメタ磁性と超伝導転移

研究課題名（英文）Metamagnetism and superconducting transition in uranium-based novel heavy fermion superconductors

研究代表者

三宅 厚志（Miyake, Atsushi）

東京大学・物性研究所・助教

研究者番号：10397763

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、メタ磁性転移近傍で大きく変化する超伝導特性、発現機構の解明を目指し、スピン三重項超伝導UTe₂を対象にパルス強磁場を用いた物性研究を行なった。磁場の影響の少ないキャパシタンス温度計を開発し、より定量的な研究を可能にした。UTe₂では、磁場方向によって、メタ磁性転移で超伝導が抑制、または誘起される。我々は磁化と試料温度の同時測定によって、電子比熱係数が前者の磁場方向では不連続に減少、後者では増大することを明らかにした。さらに、メタ磁性転移に伴う異方的な格子歪を明らかにした。ウランの5f電子の遍歴・局在二重性描像に基づき、メタ磁性転移はウランの価数変化を伴っていることを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スピン三重項超伝導は、量子コンピューターへの応用が期待されるトポロジカル超伝導の舞台として注目されている。さらに、磁場によってメタ磁性転移が起き、超伝導特性に大きく影響している。本研究を通じて、超伝導が消失する磁場方向では電子比熱係数が減少し、誘起される方向では増大することを明らかにし、メタ磁性転移はウランの価数転移であることを提案した。高磁場領域での物性が明らかになったことは、理論的な理解にも繋がる重要な成果である。さらに、このような成果はパルス強磁場中での実験手法の発展によって初めて成し得たものであり、今後の強磁場研究に大きく貢献できることが期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated the properties of the spin-triplet superconductor UTe₂ using a pulsed-high magnetic field to elucidate the superconducting properties and the mechanism of superconductivity, which changes significantly near the metamagnetic transition. In UTe₂, superconductivity is either suppressed or induced at the metamagnetic transition, depending on the direction of the applied magnetic field. We found that the electronic specific heat coefficient decreases discontinuously in the former field direction and increases in the latter field direction by simultaneous magnetization and sample temperature measurements. Furthermore, we reveal an anisotropic lattice distortion associated with the metamagnetic transition. Based on the itinerant and localized duality picture of uranium 5f electrons, we propose that a valence change of uranium accompanies the metamagnetic transition.

研究分野：固体物理

キーワード：UTe₂ スピン三重項超伝導 メタ磁性転移 磁気熱量効果 キャパシタンス温度計 磁歪

1. 研究開始当初の背景

2018 年末に発見された UTe_2 の超伝導は、発見当初からパウリ極限を超える高い臨界磁場を持つことが見出されており、スピン三重項超伝導であると考えられている。報告から瞬く間に世界的な研究競争が繰り広げられた。さらに、発見直後から強磁場中での特異な現象が見出された。我々は磁化困難軸である b 軸に磁場を印加すると、メタ磁性転移磁場 $H_m \sim 35$ T 付近で磁化が不連続に増大する一次のメタ磁性転移を発見した。この磁場方向では、一旦超伝導転移温度が抑制されるが、15 T 以上で再び増大するリエントラントな超伝導相図を持つ。その超伝導はメタ磁性転移で突然消失する。磁場を b 軸から c 軸方向へ傾けていくと H_m は高磁場にシフトする。驚くべきことに、30 度ほど傾けると、 H_m 以上で超伝導転移することが報告された。

同様のリエントラント、または磁場で増強する超伝導相は強磁性超伝導体 URhGe、UCoGe においても観測されている。URhGe では困難軸方向に磁場を印加すると、強磁性転移温度が減少し、絶対零度になる磁場付近でスピン方向が磁場方向に配向するメタ磁性転移が起きる。その磁場近傍でリエントラント超伝導が現れる。

このように上述物質群は、メタ磁性転移が超伝導発現に大きく影響している。 UTe_2 は磁場印加方向によって、超伝導を抑制、または誘起する大変興味深い振る舞いを示す。これら魅力的な現象の理解のためにはメタ磁性転移の起源、その超伝導への関わりを明らかにすることが求められる。しかし、35 T 領域の磁場環境下での精密な物性測定のためには、測定手法開発が急務であった。

2. 研究の目的

本研究では、パルス強磁場を用いた 60 T 級の強磁場物性測定により、 UTe_2 の強磁場特性、特に 35 T 近傍のメタ磁性転移の詳細とその超伝導への関連性を明らかにすることで、スピン三重項超伝導の理解を深めることを目的とした。パルス磁場中では短時間、かつ高速で測定をする必要があるため、測定に制限があり、多様な測定方法の確立、高精度化を図るために実験技術開発が大きな課題であった。本研究では、今までにないパルス磁場中での定量性の良い測定手法を確立し、メタ磁性転移の全貌を明らかにし、その超伝導への影響を明らかにすることを目指した。具体的には、

1. UTe_2 の電子比熱係数の磁場依存性と磁場角度依存性

磁場方向によってメタ磁性転移が超伝導を抑制、または誘起する。超伝導相が消失する b 軸、誘起される $[011]$ 方向に磁場を印加し、メタ磁性転移で超伝導結合定数に対応する電子比熱係数がどのように磁場変化するのか明らかにする。

2. UTe_2 のメタ磁性転移に伴う格子歪み

メタ磁性転移は一次相転移であるために、転移に伴って格子定数、体積が不連続に変化することが予想される。転移後の電子状態に関する情報を得るために、直方晶の a 、 b 、 c 軸全方向の線磁歪を測定し、磁歪の異方性、体積磁歪を求め、磁化の結果と合わせて熱力学的な考察を行う。

3. 研究の方法

単結晶 UTe_2 は、分担者の青木氏を中心に化学輸送法によって作製し、測定に合わせて形状の加工を行った。パルス強磁場を用いて最高磁場 56 T、最低温度 1.4 K まで磁化、磁気熱量効果（試料温度の磁場変化）磁歪測定を行った。磁化はパルス磁場中の測定で一般的な誘導法、磁気熱量効果は代表者が開発したキャパシタンス温度計を用いた。この温度計は非磁性強誘電体からなっており、そのキャパシタンスが 60 T 程度まで温度変化に比べて磁場変化が無視できるほど小さいことを確認している。そのために、ゼロ磁場中での較正曲線がそのまま磁場中で使用できる。さらに、以前の磁化測定では磁場発生時の温度を測定温度とし、磁場変化中の温度変化は無視した等温過程を仮定した解析を行っていたが、磁化と試料温度を同時に測定することで、より定量的な解析を可能にした。

磁歪測定には、ファイバー・ブラッグ・グレーティング (FBG) 法を用いた。光学測定であるため、パルス磁場中での電磁ノイズ、機械的振動の影響を受け難い利点がある。さらに、同時に磁場方向の縦磁歪、磁場垂直方向の横磁歪を測定することで、一つの UTe_2 単結晶で各結晶軸方向の線磁歪、体積磁歪の詳細を明らかにした。

4. 研究成果

(1) パルス磁場中キャパシタンス測定と磁場に依存しないキャパシタンス温度計の開発

本研究主題である UTe_2 のメタ磁性転移は 35 T という国内の定常強磁場施設では発生困難な磁場領域であり、パルス磁石の出番となる。しかし、パルス磁場はその高い磁場発生が可能な反面、測定時間が短い、電磁氣的・機械振動ノイズが重畳するなど、一般的には困難な実験となる。そこで、我々は測定報告の少ないパルス磁場中でのキャパシタンス測定法を開発した[A. Miyake et al., Rev. Sci. Instrum. **91**, 105103 (2020).]。それによって、従来知られていた磁歪測定に加えて、複素誘電率測定を可能にした。さらに、非磁性強誘電体 $KTa_{1-x}Nb_xO_3$ を用いたキャパシタンス温

度計を開発し、図 1 に示すようにそのキャパシタンスが 60 T までほとんど磁場依存性を示さないことを明らかにした。このことはゼロ磁場で求めた較正曲線をそのまま磁場中で測定できることを意味している。この温度計を用いて、試料温度の磁場変化である磁気熱量効果の測定の簡便化に成功した。次に示すように、この温度計を用いた磁化と試料温度の同時測定にも応用し、より定量的な議論を可能にした。

(2) UTe_2 の磁化の磁場角度依存性

図 2 に UTe_2 の直方晶 a 、 b 、 c 、 $[011]$ 方向の磁化の磁場依存性を示す。困難軸である b 軸方向ではメタ磁性転移磁場 $H_m \sim 35$ T でメタ磁性転移が起き、磁化が $\Delta M \sim 0.5 \mu_B/\text{U}$ 程度増大する。この転移で磁化容易軸が a 軸から b 軸へと変化する。 a 軸方向では約 6 T にメタ磁性転移を示し、20 T 以上で飽和する振る舞いが観測された。 c 軸では単調に増大する。 H_m で超伝導相が誘起される $[011]$ 方向の磁化は、 H_m で超伝導が消失する b 軸方向とほぼ同じ ΔM であり、磁化には違いがほとんど無いように見える。興味深いことに H_m 以上の磁場領域では、 bc 面内ではほとんど同じ微分磁化率 dM/dH であった。高磁場領域では bc 面内の異方性が弱いことが考えられる。[A. Miyake *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **90**, 103702, (2021).]

(3) UTe_2 の電子比熱係数の磁場依存性と角度依存性

図 3 にパルス磁場中で同時に測定した UTe_2 の磁化と温度の磁場依存性を示す。磁場は b 軸に印加し、ヘリウム液体 ($T_{\text{ini}} = 4.2$ K)、ヘリウム気体 ($T_{\text{ini}} > 4.2$ K) 雰囲気中で測定した。以下に詳述するように、試料温度と磁化の同時測定によって、磁化のみの測定では分からなかった多くの情報が得られた。

UTe_2 の相図

磁化や磁気抵抗で磁場履歴が観測されたことよりメタ磁性転移は一次転移であることが分かっていたが、その直接証拠が得られた。図 3(b) で示すように初期温度 (0 T での温度) $T_{\text{ini}} = 1.4$ K の測定では、 $H_m \sim 35$ T まで温度変化はない。これは試料が超流動ヘリウム中にあるため、良好な熱接触環境による試料温度の熱緩和が早いために、磁気熱量効果による温度変化が小さいことを意味する。 H_m では、急激な温度上昇、さらには鋭い温度のピーク構造が観測された。メタ磁性転移が一次転移である証拠である。一方、ヘリウム気体中 ($T_{\text{ini}} > 4.2$ K) の測定では、 H_m に向かい温度減少が観測された。この温度領域では試料はヘリウム気体雰囲気中にあるため、試料の熱緩和が遅く、断熱条件に近いと考えられる。この磁気熱量効果は H_m に向かい電子比熱係数が増大することに対応する。 $T_{\text{ini}} = 11$ K の測定では H_m で 8 K 程度まで温度変化する。興味深いことに温度のピーク構造は 8 K 以上では消失した。後述する磁歪の結果から、試料と温度計の磁歪の違いによって、温度計と試料の接着面で摩擦熱が生じて発熱することによって温度にピーク構造が現れていると考えている。つまり、ピークが消えるのは不連続な磁歪の消失、一次転移からクロスオーバーに変化したことを意味する。この温度のピーク構造が消失する磁場、温度が臨界終点である。図 1(b) で示す黒点が一次転移、白抜き点がクロスオーバー磁場、それらの点を結んだものが磁場-温度相図である[図 3(b)、図 4(a)]。この結果は過去の報告と良い一致を示している。この磁化と温度の同時測定によって、より正確、定量的な結果が得られるようになった。パルス磁場実験で問題であった、磁場掃引時の試料温度変化を定量的に評価できる手法が確立したと言える重要な進歩である。[A. Miyake *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **90**, 103702, (2021).]

UTe_2 の電子比熱係数の磁場依存性

各磁場中における磁化の温度依存性から、Maxwell の関係式を用いて、電子比熱係数の磁場依存性を求めることができる。実際に我々は以前、パルス磁場中での比熱測定の結果と定量的に一

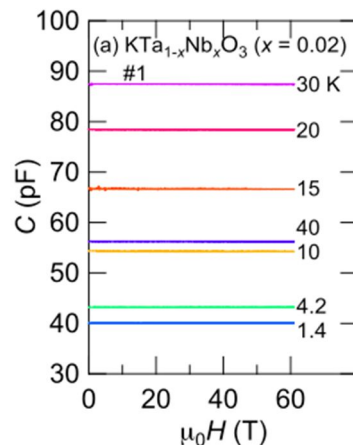


図 1. 開発したキャパシタンス温度計の様々な温度におけるキャパシタンスの磁場依存性。

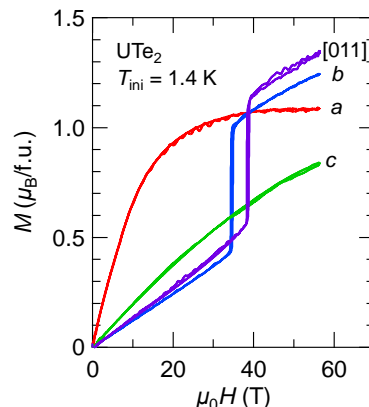


図 2. UTe_2 の直方晶 a 、 b 、 c 、 $[011]$ 方向の磁化の磁場依存性。

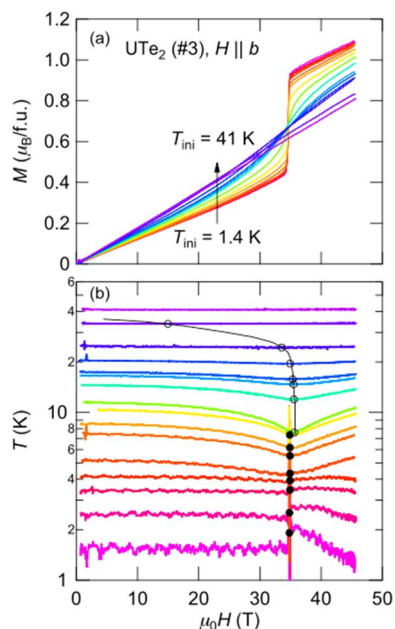


図 3. UTe_2 の b 軸磁場印加時における (a) 磁化と (b) 試料温度の磁場依存性。●は一次転移点、○はクロスオーバー点。

致する電子比熱係数の増大を報告した[A. Miyake *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 063706 (2019).、S. Imajo, A. Miyake *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 083705 (2019).]。しかし、この解析では T_{ini} をそのまま測定温度としており、磁場変化による試料温度変化を無視していたために、正しくなかった。今回の測定で、磁化を温度・磁場の関数として求めることができ、磁化の温度依存性をより定量的に評価できるようになった[図 4(b)内挿図]。メタ磁性転移は一次転移であるために、 H_m で電子比熱係数 γ が不連続に変化することが考えられる。そこで、上記で求めた相図から Clausius-Clapeyron の式を用いて H_m での γ の変化を求めた。その結果、図 4(c) に示すように、 H_m で不連続に γ が減少することが分かった。このことは、超伝導が消失することと矛盾しない。次に、 H_m で超伝導が誘起される [011] 方向で同様の実験を行なった。興味深いことに H_m の温度依存性が b 軸磁場の正から、[011] 方向では負へと変化した[図 4(a)内挿図]。これは、 H_m で γ が増大すること、つまり超伝導結合定数が大きくなることに対応し、超伝導発現に関連していると考えられる。このように、 b 軸と [011] 方向で H_m での γ の変化の符号が異なることを明らかにし、磁場方向によって超伝導相が出現、消失することを理解する上で重要な知見が得られた。[A. Miyake *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **90**, 103702, (2021).]

磁場に依存しないキャパシタンス温度計開発、上述の UTe_2 に関する強磁場実験の成果は代表者の第 3 回強磁場フォーラムフロンティア奨励賞受賞という形で、高い評価を受けた。

(4) メタ磁性転移における異方的な格子歪

メタ磁性転移の詳細を明らかにするために、FBG 法によって、磁歪測定を行った。図 4(d) に磁場を b 軸に印加した際の直方晶 a 、 b 、 c 軸方向の線磁歪とそれらの和である体積磁歪 V の磁場依存性を示す。磁場方向の縦磁歪と磁場垂直方向の横磁歪を同時に測定し、1 つの試料で全方向の線磁歪測定に成功した [図 4(d)内挿図]。図 4(d) に示すように、メタ磁性転移に伴い、直方晶の a 、 b 軸は不連続に縮み、 c 軸は不連続に伸びることが分かった。これらの結果から、メタ磁性転移で約 0.06% と比較的大きな負の体積変化が起きることを明らかにした。体積磁歪と磁化のとび ΔM を用いて熱力学関係式から求めた H_m の圧力依存性は圧力実験と良い一致を示すことから、定量性の良い実験であった。興味深いことに、図 4(e) に示すように、各軸線磁歪から線磁歪平均を引くことにより求められた異方的磁歪が、 b 、 c 軸は逆符号で同程度の大きさの変化を示すこと、つまり、メタ磁性転移に伴い bc 面内で異方的な歪みが生じていることを明らかにした。さらに、ウランの $5f$ 電子の「局在・遍歴性二重性」描像に基づき、 UTe_2 のメタ磁性転移はウランの価数変化で説明できることを提案した。この結果をまとめた論文[A. Miyake *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **91**, 063703, (2022).]は Journal of the Physical Society of Japan 誌で発表し、編集者注目論文、JPSJ Hot topics に選ばれ、高い評価と注目を得ている。

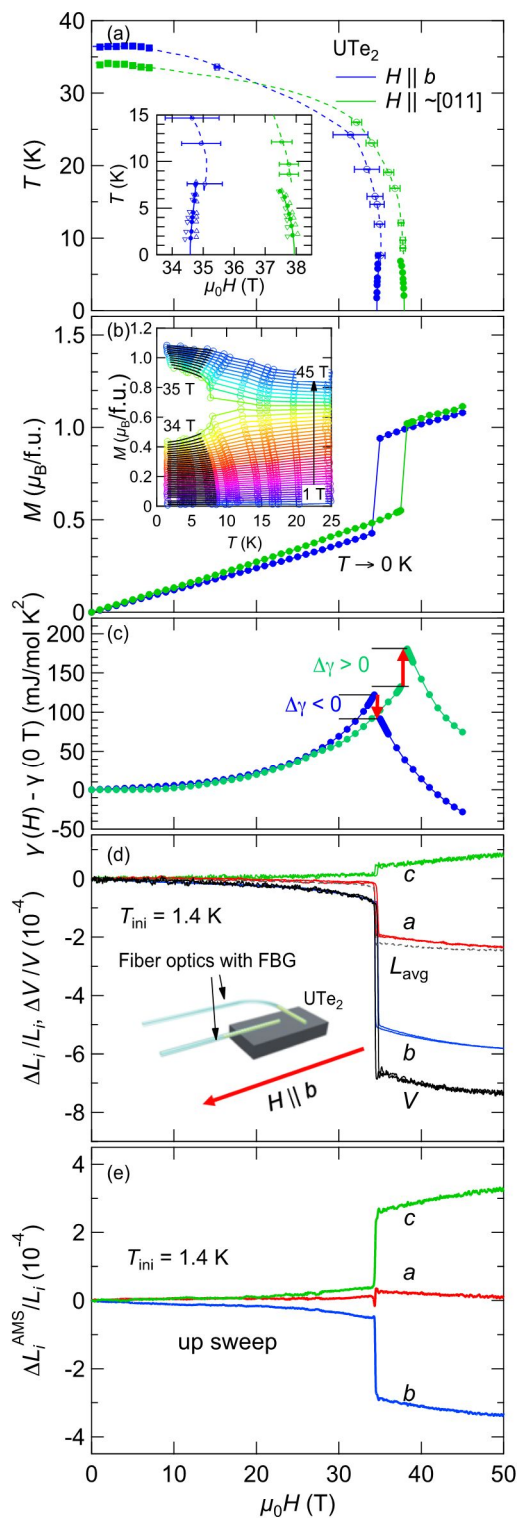


図 2. UTe_2 の b 軸、[011] 方向磁場印加時における (a) 磁場温度相図。●は一次転移点、○はクロスオーバー点。内相図は H_m 近傍の拡大図。(b) 絶対零度以外装した磁化。(c) 電子比熱係数の 0 T からの変化の磁場依存性。 b 軸磁場方向における (d) 各結晶軸方向の線磁歪 (a 、 b 、 c)、体積磁歪 (V)、線磁歪の平均 (L_{avg})、(e) 各軸線磁歪と平均磁歪との差から求めた異方的磁歪 L^{AMS} 。

この結果をまとめた論文[A. Miyake *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **91**, 063703, (2022).]は Journal of the Physical Society of Japan 誌で発表し、編集者注目論文、JPSJ Hot topics に選ばれ、高い評価と注目を得ている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 27件／うち国際共著 16件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Miyake Atsushi, Gen Masaki, Ikeda Akihiko, Miyake Kazumasa, Shimizu Yusei, Sato Yoshiki J., Li Dexin, Nakamura Ai, Homma Yoshiya, Honda Fuminori, Flouquet Jacques, Tokunaga Masashi, Aoki Dai	4. 巻 91
2. 論文標題 Magnetovolume Effect on the First-Order Metamagnetic Transition in UTe ₂	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 063703-1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSJ.91.063703	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 Shimizu Yusei, Kittaka Shunichiro, Kono Yohei, Sakakibara Toshiro, Machida Kazushige, Nakamura Ai, Li Dexin, Homma Yoshiya, Sato Yoshiki J., Miyake Atsushi, Yamashita Minoru, Aoki Dai	4. 巻 106
2. 論文標題 Anomalous electromagnetic response in the spin-triplet superconductor UTe ₂	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214525-1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.106.214525	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 Maurya Arvind, Miyake Atsushi, Kotegawa Hisashi, Shimizu Yusei, Sato Yoshiki J., Nakamura Ai, Li Dexin, Homma Yoshiya, Honda Fuminori, Tokunaga Masashi, Aoki Dai	4. 巻 107
2. 論文標題 Ising-type quasi-one-dimensional ferromagnetism with anisotropic hybridization in UNi ₄ P ₂	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 085142-1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevB.107.085142	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 Aoki Dai, Sakai Hironori, Opletal Petr, Tokiwa Yoshifumi, Ishizuka Jun, Yanase Youichi, Harima Hisatomo, Nakamura Ai, Li Dexin, Homma Yoshiya, Shimizu Yusei, Knebel Georg, Flouquet Jacques, Haga Yoshinori	4. 巻 91
2. 論文標題 First Observation of the de Haas-van Alphen Effect and Fermi Surfaces in the Unconventional Superconductor UTe ₂	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 083704-1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSJ.91.083704	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 Aoki D, Brison J-P, Flouquet J, Ishida K, Knebel G, Tokunaga Y, Yanase Y	4. 巻 34
2. 論文標題 Unconventional superconductivity in UTe2	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 243002-1-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-648x/ac5863	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 Fujibayashi Hiroki, Nakamine Genki, Kinjo Katsuki, Kitagawa Shunsaku, Ishida Kenji, Tokunaga Yo, Sakai Hironori, Kambe Shinsaku, Nakamura Ai, Shimizu Yusei, Homma Yoshiya, Li Dexin, Honda Fuminori, Aoki Dai	4. 巻 91
2. 論文標題 Superconducting Order Parameter in UTe2 Determined by Knight Shift Measurement	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 043705-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/jpsj.91.043705	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 Kinjo Katsuki, Fujibayashi Hiroki, Nakamine Genki, Kitagawa Shunsaku, Ishida Kenji, Tokunaga Yo, Sakai Hironori, Kambe Shinsaku, Nakamura Ai, Shimizu Yusei, Homma Yoshiya, Li Dexin, Honda Fuminori, Aoki Dai	4. 巻 105
2. 論文標題 Drastic change in magnetic anisotropy of UTe2 under pressure revealed by ^{125}Te -NMR	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L140502-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.105.L140502	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 Kinjo K., Fujibayashi H., Kitagawa S., Ishida K., Tokunaga Y., Sakai H., Kambe S., Nakamura A., Shimizu Y., Homma Y., Li D. X., Honda F., Aoki D., Hiraki K., Kimata M., Sasaki T.	4. 巻 107
2. 論文標題 Change of superconducting character in UTe2 induced by magnetic field	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 L060502-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevb.107.L060502	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 Rosuel A., Marcenat C., Knebel G., Klein T., Pourret A., Marquardt N., Niu Q., Rousseau S., Demuer A., Seyfarth G., Lapertot G., Aoki D., Braithwaite D., Flouquet J., Brison J.-P.	4. 巻 13
2. 論文標題 Field-Induced Tuning of the Pairing State in a Superconductor	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review X	6. 最初と最後の頁 011022-1-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevx.13.011022	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 Miyake Atsushi, Shimizu Yusei, Sato Yoshiki J., Li Dexin, Nakamura Ai, Homma Yoshiya, Honda Fuminori, Flouquet Jacques, Tokunaga Masashi, Aoki Dai	4. 巻 90
2. 論文標題 Enhancement and Discontinuity of Effective Mass through the First-Order Metamagnetic Transition in UTe2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 103702-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.103702	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 Kurihara Ryosuke, Hirose Yusuke, Sano Sumika, Mitsumoto Keisuke, Miyake Atsushi, Tokunaga Masashi, Settai Rikio	4. 巻 91
2. 論文標題 Elastic Soft Mode and Electric Quadrupole Response in Excitonic Insulator Candidate (Ta _{0.952} V _{0.048}) ₂ NiSe ₅ : Contribution of Electron-Phonon Interaction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 024601-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.024601	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 Tokunaga Yo, Sakai Hironori, Kambe Shinsaku, Haga Yoshinori, Tokiwa Yoshifumi, Opletal Petr, Fujibayashi Hiroki, Kinjo Katsuki, Kitagawa Shunsaku, Ishida Kenji, Nakamura Ai, Shimizu Yusei, Homma Yoshiya, Li Dexin, Honda Fuminori, Aoki Dai	4. 巻 91
2. 論文標題 Slow Electronic Dynamics in the Paramagnetic State of UTe ₂	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 023707-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.023707	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 Aoki Dai, Kimata Motoi, Sato Yoshiki J., Knebel Georg, Honda Fuminori, Nakamura Ai, Li Dexin, Homma Yoshiya, Shimizu Yusei, Knafo William, Braithwaite Daniel, Valiska Michal, Pourret Alexandre, Brison Jean-Pascal, Flouquet Jacques	4. 巻 90
2. 論文標題 Field-Induced Superconductivity near the Superconducting Critical Pressure in UTe ₂	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 074705-1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/jpsj.90.074705	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 Nakamine Genki, Kinjo Katsuki, Kitagawa Shunsaku, Ishida Kenji, Tokunaga Yo, Sakai Hironori, Kambe Shinsaku, Nakamura Ai, Shimizu Yusei, Homma Yoshiya, Li Dexin, Honda Fuminori, Aoki Dai	4. 巻 90
2. 論文標題 Inhomogeneous Superconducting State Probed by ¹²⁵ Te NMR on UTe ₂	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 064709-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/jpsj.90.064709	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 Willa Kristin, Hardy Frederic, Aoki Dai, Li Dexin, Wiecki Paul, Lapertot Gerard, Meingast Christoph	4. 巻 104
2. 論文標題 Thermodynamic signatures of short-range magnetic correlations in UTe ₂	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 205107-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PHYSREVB.104.205107	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 Raymond Stephane, Knafo William, Knebel Georg, Kaneko Koji, Brison Jean-Pascal, Flouquet Jacques, Aoki Dai, Lapertot Gerard	4. 巻 90
2. 論文標題 Feedback of Superconductivity on the Magnetic Excitation Spectrum of UTe ₂	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 113706-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.113706	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 Paulsen C., Knebel G., Lapertot G., Braithwaite D., Pourret A., Aoki D., Hardy F., Flouquet J., Brison J.-P.	4. 巻 103
2. 論文標題 Anomalous anisotropy of the lower critical field and Meissner effect in UTe2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 113706-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PHYSREVB.103.L180501	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 Li Dexin, Nakamura Ai, Honda Fuminori, Sato Yoshiki J., Homma Yoshiya, Shimizu Yusei, Ishizuka Jun, Yanase Youichi, Knebel Georg, Flouquet Jacques, Aoki Dai	4. 巻 90
2. 論文標題 Magnetic Properties under Pressure in Novel Spin-Triplet Superconductor UTe2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 073703-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.073703	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 Fujimori Shin-ichi, Kawasaki Ikuto, Takeda Yukiharu, Yamagami Hiroshi, Nakamura Ai, Homma Yoshiya, Aoki Dai	4. 巻 90
2. 論文標題 Core-Level Photoelectron Spectroscopy Study of UTe2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 015002-1~2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.015002	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 Pospsil Jiri, Haga Yoshinori, Miyake Atsushi, Kambe Shinsaku, Tokunaga Yo, Tokunaga Masashi, Yamamoto Etsuji, Proschek Petr, Volny Jiri, Sechovsky Vladimir	4. 巻 102
2. 論文標題 Intriguing behavior of UCo1-xRhxGe ferromagnets in magnetic field along the b axis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 024442-1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.024442	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 Miyake Atsushi, Mitamura Hiroyuki, Kawachi Shiro, Kimura Kenta, Kimura Tsuyoshi, Kihara Takumi, Tachibana Makoto, Tokunaga Masashi	4. 巻 91
2. 論文標題 Capacitive detection of magnetostriction, dielectric constant, and magneto-caloric effects in pulsed magnetic fields	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 105103 ~ 105103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0010753	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 Shimizu Yusei, Miyake Atsushi, Maurya Arvind, Honda Fuminori, Nakamura Ai, Sato Yoshiki J., Li Dexin, Homma Yoshiya, Yokoyama Makoto, Tokunaga Yo, Tokunaga Masashi, Aoki Dai	4. 巻 102
2. 論文標題 Strong magnetic anisotropy and unusual magnetic field reinforced phase in URhSn with a quasi-kagome structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 134411-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.102.134411	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 Kurihara R., Miyake A., Tokunaga M., Ikeda A., Matsuda Y. H., Miyata A., Gorbunov D. I., Nomura T., Zherlitsyn S., Wosnitzer J., Iga F.	4. 巻 103
2. 論文標題 Field-induced valence fluctuations in YbB12	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 115103-1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.103.115103	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 Aoki Dai, Nakamura Ai, Honda Fuminori, Li DeXin, Homma Yoshiya, Shimizu Yusei, Sato Yoshiki J., Knebel Georg, Brison Jean-Pascal, Pourret Alexandre, Braithwaite Daniel, Lapertot Gerard, Niu Qun, Valiska Michal, Harima Hisatomo, Flouquet Jacques	4. 巻 30
2. 論文標題 Spin-Triplet Superconductivity in UTe2 and Ferromagnetic Superconductors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 011065-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.30.011065	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 Knebel Georg, Kimata Motoi, Valiska Michal, Honda Fuminori, Li DeXin, Braithwaite Daniel, Lapertot Gerard, Knafo William, Pourret Alexandre, Sato Yoshiki J., Shimizu Yusei, Kihara Takumi, Brison Jean-Pascal, Flouquet Jacques, Aoki Dai	4. 巻 89
2. 論文標題 Anisotropy of the Upper Critical Field in the Heavy-Fermion Superconductor UTe2 under Pressure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 053707-053707
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.053707	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 Aoki Dai, Honda Fuminori, Knebel Georg, Braithwaite Daniel, Nakamura Ai, Li DeXin, Homma Yoshiya, Shimizu Yusei, Sato Yoshiki J., Brison Jean-Pascal, Flouquet Jacques	4. 巻 89
2. 論文標題 Multiple Superconducting Phases and Unusual Enhancement of the Upper Critical Field in UTe2	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 053705-053705
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.053705	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 Niu Q., Knebel G., Braithwaite D., Aoki D., Lapertot G., Seyfarth G., Brison J-P., Flouquet J., Pourret A.	4. 巻 124
2. 論文標題 Fermi-Surface Instability in the Heavy-Fermion Superconductor UTe2	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 86601-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PHYSREVLETT.124.086601	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45件 (うち招待講演 21件 / うち国際学会 26件)

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple superconducting phases in UTe2
3. 学会等名 Unconventional superconductivity in the heavy fermion UTe2 (online) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Crystal growth and spin triplet superconductivity in UTe ₂
3. 学会等名 Polish Conference on Crystal Growth 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple Superconducting Phases and Fermi Surfaces in UTe ₂
3. 学会等名 Dual Nature 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple Superconducting Phases and Field Induced Superconductivity in UTe ₂
3. 学会等名 13th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity & High Temperature Superconductors (M2S) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Miyake, M. Gen, A. Ikeda, K. Miyake, Y. Shimizu, Y. J. Sato, D. Li, A. Nakamura, Y. Homma, F. Honda, J. Flouquet, M. Tokunaga, and D. Aoki
2. 発表標題 First-order metamagnetic transition in UTe ₂ studied by magnetostriction measurements
3. 学会等名 Strongly Correlated Electron Systems 2022 (SCES 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Electronic states and superconductivity in UTe2
3. 学会等名 Strongly Correlated Electron Systems 2022 (SCES 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Miyake, M. Gen, A. Ikeda, Y. Kinoshita, D. Aoki, and M. Tokunaga
2. 発表標題 Development of Magnetic-Field-Insensitive Thermometer and Its Applications Used in a Pulsed-Magnetic Field
3. 学会等名 29th International Conference on Low Temperature Physics (LT29) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple superconducting phases and field induced phenomena in novel spin-triplet superconductor UTe2
3. 学会等名 The 29th international Conference on Low Temperature Physics (LT29) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsushi Miyake
2. 発表標題 Magnetic-field effect on UTe2 and aperiodic crystals
3. 学会等名 GIMRT, REIMEI and IRN Aperiodic joint international workshop Superconductivity, Structural Complexity and Topology of UTe2 and Aperiodic Crystals (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple superconducting phases and field induced phenomena in novel spin-triplet superconductor UTe ₂
3. 学会等名 GIMRT, REIMEI and IRN Aperiodic joint international workshop Superconductivity, Structural Complexity and Topology of UTe ₂ and Aperiodic Crystals (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsushi Miyake
2. 発表標題 Development of the high-field measurements: Applications for the magnetic field-induced phenomena
3. 学会等名 Muroran Institute of Technology Rare Earth Workshop 2022 (REWS2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三宅厚志, 巖正輝, 池田暁彦, 三宅和正, 清水悠晴, 佐藤芳樹, 李徳新, 仲村愛, 本間佳哉, 本多史憲, Jacques Flouquet, 徳永将史, 青木大
2. 発表標題 UTe ₂ のメタ磁性転移における磁気体積効果
3. 学会等名 日本物理学会 2022 年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsushi Miyake
2. 発表標題 Metamagnetic transition in UTe ₂
3. 学会等名 Recent Topics in Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple superconducting phases and Fermi surfaces in UTe2
3. 学会等名 Recent Topics in Low Temperature Physics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 de Haas-van Alphen effect and Fermi surfaces in spin-triplet superconductor UTe2
3. 学会等名 APS March Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三宅厚志
2. 発表標題 磁場に依存しない温度計の開発によるウラン系超伝導体におけるメタ磁性転移と超伝導の研究
3. 学会等名 第3回強磁場フォーラムフロンティア奨励賞受賞記念講演 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miyake Atsushi
2. 発表標題 Metamagnetism of Heavy Fermion Superconductor UTe2
3. 学会等名 Materials Research Meeting (MRM) 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三宅厚志, 清水悠晴, 佐藤芳樹, 李徳新, 仲村愛, 本間佳哉, 本多史恵, Jacques Flouquet, 徳永将史, 青木大
2. 発表標題 UTe2のメタ磁性転移における有効質量の増大
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 三宅厚志, 青木大, 渡辺義人, 巖正輝, 徳永祐介, 有馬孝尚, 徳永将史
2. 発表標題 パルス磁場中における同時測定技術の開発
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会 (2022年)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水悠晴, 橘高俊一郎, 河野洋平, 榊原俊郎, 仲村愛, 李徳新, 本間佳哉, 佐藤芳樹, 三宅厚志, 青木大
2. 発表標題 超高感度極低温磁化測定技術の開発とウラン系奇パリティ超伝導体の磁気特性
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会 (2022年)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple Superconducting Phases and Field-Induced Superconductivity in UTe2
3. 学会等名 The International Conference on Solid Compounds of Transition Elements (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Heavy fermion superconductivity: field induced superconductivity and crystal structure
3. 学会等名 IRN seminars
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple superconducting phases and field induced phenomena in novel spin-triplet superconductor UTe ₂
3. 学会等名 Dual Nature
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple superconducting phases and field-induced superconductivity under pressure in UTe ₂
3. 学会等名 SCES2020/2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple superconducting phases and field induced phenomena in UTe ₂
3. 学会等名 Seminar at Rice University
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple superconducting phases and field induced phenomena in UTe2
3. 学会等名 Chirality, Topology, and Unconventional Superconductivity in Sr2RuO4 and UTe2
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三宅厚志, 栗原綾佑, 池田暁彦, 広瀬雄介, 摂待力生, 金道浩一, 松田康弘, 徳永将史, 伊賀文俊
2. 発表標題 パルス強磁場下磁化測定によるYbB12の磁場誘起絶縁体-金属転移の研究
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 三宅厚志
2. 発表標題 パルス磁場下磁化、比熱測定によるメタ磁性転移の研究
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会 (一般シンポジウム) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsushi Miyake
2. 発表標題 Study of metamagnetic transitions in UTe2 via magnetization and specific heat in pulsed-fields
3. 学会等名 UTe2 online workshop (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三宅厚志
2. 発表標題 ウラン化合物におけるメタ磁性現象と超伝導
3. 学会等名 第27回 みちのく磁性談話会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsushi Miyake
2. 発表標題 Metamagnetic transition in a heavy fermion superconductor UTe ₂
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Research in High Magnetic Fields & KINKEN Materials Science School 2020 for Young Scientists (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Atsushi Miyake
2. 発表標題 Magnetostriction measurements using a capacitance method
3. 学会等名 FBGひずみ技術交流会 (FBG strain gauge meet up) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsushi Miyake
2. 発表標題 Metamagnetic transition in heavy fermion superconductor UTe ₂
3. 学会等名 The joint seminar of the DCMP and MGML, Charles University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple superconducting phases and field-induced phenomena in UTe ₂
3. 学会等名 APS march meeting 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 青木大
2. 発表標題 新奇スピン三重項超伝導体UTe ₂ の磁場誘起超伝導
3. 学会等名 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Fermi surface properties and heavy fermion superconductivity in Np115 systems and related materials
3. 学会等名 20 years of the 115's: past, present, and future (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Field induced phenomena and multiple superconducting phases in novel spin-triplet superconductor UTe ₂
3. 学会等名 QMC Colloquium at UMD (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Field-reentrant and multiple superconducting phases in novel spin-triplet superconductor UTe ₂
3. 学会等名 IRN-APERIODIC (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Reentrant superconductivity and multiple superconducting phases in UTe ₂
3. 学会等名 SCES 2020 Plenary Colloquium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Multiple SC phases for H a, b, c-axes
3. 学会等名 UTe ₂ online workshop (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木大
2. 発表標題 新奇スピン三重項超伝導体UTe ₂ の磁場誘起超伝導
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 (JPSJフレンドシップミーティング)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木大
2. 発表標題 UTe2の基礎物性
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会（一般シンポジウム）（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 Field reentrant superconductivity and multiple phases in UTe2
3. 学会等名 Condensed Matter Physics in All the Cities: Online 2020（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木大
2. 発表標題 UTe2のスピン三重項超伝導と磁場誘起現象
3. 学会等名 強磁場セミナー（物性研）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Dai Aoki
2. 発表標題 New Uranium-Based Superconductor: UTe2
3. 学会等名 "Virtual Theoretical & Experimental Magnetism Meeting (vTEMM) 2020 and UK-Japan Workshop on Strongly Correlated Electron Systems"（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

三宅厚志 助教（徳永研）が強磁場フォーラムフロンティア奨励賞を受賞
<https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/news2.html?pid=14516>
高精度磁歪測定でUTe2のメタ磁性転移の正体に迫る
<https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/news2.html?pid=15850>

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	青木 大 (Aoki Dai) (30359541)	東北大学・金属材料研究所・教授 (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
---------	---------