

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：82110

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22740241

研究課題名（和文） 強磁性超伝導体 URhGe 及び UCoGe のフェルミ面の特性研究

研究課題名（英文） Fermi Surface Properties of Ferromagnetic Superconductor URhGe and UCoGe

研究代表者

松田 達磨 (MATSUDA TATSUMA)

独立行政法人日本原子力研究開発機構・先端基礎研究センター・研究員

研究者番号：30370472

研究成果の概要（和文）：強磁性状態において超伝導を示す URhGe 及び UCoGe について、フェルミ面の特性と超伝導特性との関係を明らかにするため、高純度単結晶育成に取り組み、輸送特性の測定を行った。UCoGe において、小さいフェルミ面の存在と大きなサイクロトロン有効質量の直接観測にはじめて成功した。これらの特性は、磁気異方性及び超伝導特性の異方性とも極めて密接に関連していることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：We succeeded in growing high quality single crystals of ferromagnetic superconductor UCoGe and URhGe. The Shubnikov-de Haas signal was observed for the first time in UCoGe. From these results, we have clarified that the existence of a small pocket Fermi surface with large cyclotron effective mass. We also clarified that these characteristics of Fermi surface are related with the magnetic anisotropy and superconducting properties closely.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学、物性Ⅱ

キーワード：強相関電子系、強磁性超伝導体、フェルミ面、低温物性、単結晶

1. 研究開始当初の背景

強相関電子系、特にウラン化合物研究では、UGe₂ をはじめとする強磁性超伝導体 URhGe、UCoGe 等が報告され、これらの強磁性状態における超伝導の発現機構の解明とともに、磁場及び加圧等によって制御された強磁性量子臨界点近傍の挙動を調べることが、重要な研究テーマとして位置づけられてきた。これらの超伝導状態は、高純度結晶

の育成に成功したことで発見されたが、いずれも国外の研究グループに研究は先行され、日本国内の研究は放射性物質の規制強化の伴う放射性物質研究基盤の衰退も一要因として、試料純度の問題をかかえたまま本質的研究に遅れをとっている状態であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、強磁性超伝導体 URhGe

及び UCoGe におけるフェルミ面の特性について高純度試料を用いた輸送特性測定により調べ、磁性と超伝導発現にかかわる 5f 電子の状態を明らかにすることである。特に URhGe において指摘されている強磁性量子臨界点の挙動を示す磁場前後において、フェルミ面の特性の変化を明らかにする。さらに、この超伝導特性に類似性が高い UCoGe について比較研究を行い、これら超伝導発現機構に関わる特性をフェルミオロジーの観点から明らかにする。

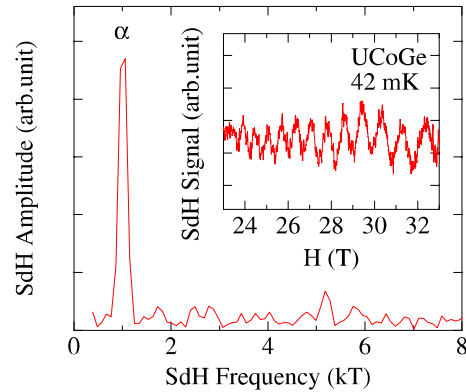
3. 研究の方法

- (1) ウラン化合物の高純度単結晶育成には、まずウラン原料の精製が必要不可欠である。そのため、「エレクトロトランスポート法」と呼ばれる手法により、ウラン金属棒の精製を行う。
- (2) 精製したウラン金属原料をもとに、URhGe 及び UCoGe の単結晶育成をテトラアーク炉を用いた引き上げ法によって行う。得られた単結晶について超高真空下で熱処理を行う。特にウラン原料の精製で用いたエレクトロトランスポート法を育成した結晶に再度適用し、高純度化条件を確立する。
- (3) 育成した結晶の評価として電気抵抗、磁化測定、電子線マイクロアナライザー、単結晶 X 線構造解析によって行う。これらの測定により、単結晶インゴット内の不均一性を評価し、高純度部分の探索を行う。
- (4) 得られた高純度単結晶を用いて、ドハース・ファンアルフェン効果測定、あるいはシュブニコフドハース測定を試み、フェルミ面の特性を調べる。
- (5) 磁気異方性を調べるため、極低温強磁場中における輸送特性、磁気特性を測定し、磁気異方性変化に伴うメタ磁性及び超伝導特性の変化を定量的に測定する。
- (6) URhGe 及び UCoGe について測定されたデータを整理・比較し、磁性及び超伝導発現と 5f 電子状態との関係について普遍知見を得ることをめざす。

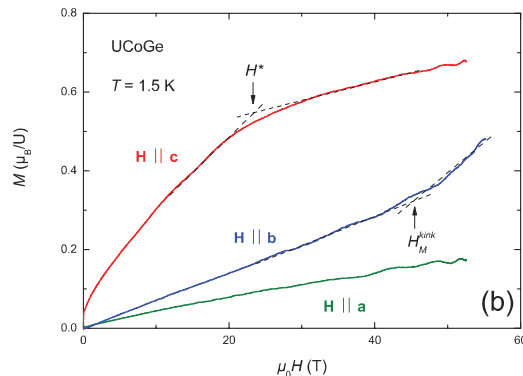
4. 研究成果

- (1) UCoGe において、残留抵抗比が 30 を超える高純度単結晶試料育成に成功し、磁気抵抗測定において、シュブニコフ・ドハース信号の観測に初めて成功した(下図)。観測されたシグナルから、UCoGe において小さなポケットフェルミ面の存在と、そのサイクロトロン有効質量を決定し、少数キャリア系でありながら重い電子状態が実現していることを明らかにした。
- (2) UCoGe 高純度単結晶を用いた磁気抵抗測定から、超伝導の上部臨界磁場 H_{c2} の異方性を明らかにした。磁化容易軸に対応する c 軸方向では、Pauli リミットに近い小さな

H_{c2} を持つのに対し、磁化困難軸の a 軸方向では、30 テスラ以上にもなる極めて大きな異方性を示すことを明らかにした。また b 軸方向では、磁場によって H_{c2} が増強される特異な温度依存性を示し、極低温 80mK において 17 テスラ近い値を持つことを明らかにした。これらの H_{c2} の異方性は、電気抵抗の温度依存性から類推される電子の有効質量の磁場依存性及び角度依存性とも一致し、磁気異方性との詳細な関係を明らかにすることができた。



- (3) UCoGe 及び URhGe について、パルス磁場を用いた 60 テスラ近い高磁場までの磁化及び磁気抵抗測定を低温で行った。この実験から、URhGe については、磁化困難軸である b 軸方向にて、12 テスラ前後で観測されるメタ磁性に対応し、磁気抵抗で明確なピーク構造が観測された。一方、UCoGe については、温度 1.5 K において、磁場 50 テスラ付近にメタ磁性的異常を示すこと初めて明らかにした(下図)。さらに興味深いことに、URhGe の場合とはことなり UCoGe の場合、温度 3 K 以上の常磁性状態においてもこのメタ磁性異常が明確に観測される。メタ磁性の観測は、URhGe と UCoGe の類似性を示す重要な証拠である一方、強磁性転移温度と、この磁気異方性に関するエネルギースケールは、異なっていることが強く示された。この違いは、 b 軸方向で観測される Reentrant 超伝導状態の発現機構を明



らかにする上で、重要な情報を与えているものと考えられる。

(4) 本研究課題では、ウラン化合物の高純度結晶育成技術を発展させることに貢献した。特にエレクトロトランスポート法による単結晶の高純度化技術及び条件を確率した。これによる予期せぬ波及効果として、強相関電子系における重要な研究課題として位置付けられている、 URu_2Si_2 における隠れた秩序相の解明に大きく貢献した。まず、 URu_2Si_2 の世界最高純度の単結晶育成に成功し、低純度試料との物性の比較から、今後の研究の指標となる物性の試料依存性を明らかにした。さらに、高純度試料を用いた磁気トルク測定の研究を通じ、隠れた秩序相に関して、初めて対称性の破れを実験的に観測することに成功した。

本研究の総括としては、研究対象の高純度結晶育成により、確実にフェルミ面の特性及び磁気異方性について明らかになってきた。一方で、ドハースファン・アルフェン効果測定等の実験手法の限界もあり、より多角的なフェルミ面の研究を行う必要性が明らかとなった。また、普遍的知見を得るためには、物質としても新たな強磁性超伝導物質の探索を行い、研究対象の幅を広げてゆくことが必要不可欠である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 45 件)

- ① Yasui, Y. Saitoh, S.-i. Fujimori, I. Kawasaki, T. Okane, Y. Takeda, G. Lapertot, G. Knebel, T. D. Matsuda, Y. Haga, and H. Yamagami, Observation of bulk band dispersions of YbRh_2Si_2 using soft x-ray angle-resolved photoemission spectroscopy: Phys. Rev. B 87 (2013) 075131. 査読有、DOI:10.1103/PhysRevB.87.075131
- ② W. Knafo, T. D. Matsuda, D. Aoki, F. Hardy, G. W. Scheerer, G. Ballon, M. Nardone, A. Zitouni, C. Meingast, and J. Flouquet, High-field moment polarization in the ferromagnetic superconductor UCoGe , Phys. Rev. B 86 (2012) 184416. 査読有、DOI:10.1103/PhysRevB.86.184416
- ③ T. D. Matsuda, D. Aoki, G. Knebel, Y. Haga, and J. Flouquet, Reply to “Comment on ‘Details of Sample Dependence and Transport Properties of URu_2Si_2 ’”, J. Phys. Soc. Jpn. 81 (2012) 056002. 査読有、DOI:10.1143/JPSJ.81.056002
- ④ D. Aoki, G. Knebel, I. Sheikin, E. Hassinger, L. Malone, T. D. Matsuda, and J. Flouquet, High-Field Fermi Surface Properties in the Low-Carrier Heavy-Fermion Compound URu_2Si_2 , J. Phys. Soc. Jpn. 81 (2012) 074715. 査読有、DOI:10.1143/JPSJ.81.074715
- ⑤ T. D. Matsuda, N. Tateiwa, E. Yamamoto, Y. Haga, and Z. Fisk, Single Crystal Growth and Magnetic Properties of SmCu_2Ge_2 , J. Phys. Soc. Jpn. 81SB (2012) SB037. 査読有、DOI:10.1143/JPSJS.81SB.SB037
- ⑥ Y. Onuki, R. Settai, T. Takeuchi, K. Sugiyama, F. Honda, Y. Haga, E. Yamamoto, T. D. Matsuda, N. Tateiwa, D. Aoki, I. Sheikin, H. Harima, and H. Yamagami, High-Quality Single Crystal Growth and Unique Electronic States under Magnetic Field and Pressure in Rare Earth and Actinide Compounds, J. Phys. Soc. Jpn. 81SB (2012) SB001. 査読有、DOI:10.1143/JPSJS.81SB.SB001
- ⑦ D. Aoki, M. Taupin, C. Paulsen, F. Hardy, V. Taufour, H. Kotegawa, E. Hassinger, L. Malone, T. D. Matsuda, A. Miyake, I. Sheikin, W. Knafo, G. Knebel, L. Howald, J. Brison, and J. Flouquet, Field-Induced Phenomena in Ferromagnetic Superconductors UCoGe and URhGe , J. Phys. Soc. Jpn. 81SB (2012) SB002. 査読有、DOI:10.1143/JPSJS.81SB.SB002
- ⑧ K. Kaneko, O. Stockert, M. Skoulatos, A. Schneidewind, T. Takeuchi, T. D. Matsuda, Y. Haga, R. Settai, Y. Onuki, and N. Metoki, Neutron Scattering Study on High-Quality Single Crystals of Non-Centrosymmetric Heavy-Fermion Superconductor CePt_3Si , J. Phys. Soc. Jpn. 81SB (2012) SB006. 査読有、DOI:10.1143/JPSJS.81SB.SB006
- ⑨ Y. Haga, Y. Homma, D. Aoki, K. Nakajima, Y. Arai, T. D. Matsuda, S. Ikeda, H. Sakai, E. Yamamoto, A. Nakamura, N. Tateiwa, Y. Onuki, and Z. Fisk, Single Crystal Growth and Magnetic Anisotropy of Hexagonal PuGa_3 , J. Phys. Soc. Jpn.

- 81SB (2012) SB007, 査読有、
DOI:10.1143/JPSJS.81SB.SB007
- ⑩ N. Tateiwa, Y. Haga, T. D. Matsuda, and Z. Fisk, Magnetic measurements at pressures above 10 GPa in a miniature ceramic anvil cell for a superconducting quantum interference device magnetometer, Rev. Sci. Instrum. 83 (2012) 053906. 査読有、
DOI:10.1063/1.4722945
- ⑪ N. Tateiwa, T. D. Matsuda, Y. Haga, Z. Fisk, and Y. Onuki, Scaling relation found in anomalous electrical transport and superconductivity of heavy fermion superconductor URu₂Si₂, J. Phys. Conf. Ser. 400 (2012) 022123. 査読有、
DOI:10.1088/1742-6596/400/2/022123
- ⑫ N. Tateiwa, T. D. Matsuda, Y. Onuki, Y. Haga, Z. Fisk, Strong correlation between anomalous quasiparticle scattering and unconventional superconductivity in the hidden-order phase of URu₂Si₂, Phys. Rev. B 85 (2012) 054516. 査読有、
DOI:10.1103/PhysRevB.85.054516
- ⑬ 松田達磨, 純良単結晶育成とdHvA効果, 物性研究 97 (2012) 702. 査読無、
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008898027>
- ⑭ D. Aoki, F. Hardy, A. Miyake, V. Taufour, T. D. Matsuda, J. Flouquet, Properties of ferromagnetic superconductors, C. R. Physique 12 (2011) 573. 査読有、
DOI:10.1016/j.crhy.2011.04.007
- ⑮ Y. Onuki, S. Yasui, M. Matsushita, S. Yoshiuchi, M. Ohya, Y. Hirose, N. D. Dung, F. Honda, T. Takeuchi, R. Settai, K. Sugiyama, E. Yamamoto, T. D. Matsuda, Y. Haga, T. Tanaka, Y. Kubo, H. Harima, Characteristic Heavy Fermion Properties in YbCu₂Si₂ and YbT₂Zn₂₀ (T: Co, Rh, Ir), J. Phys. Soc. Jpn. 80 Supplement A (2011) SA003. 査読有、
DOI:10.1143/JPSJS.80SA.SA003
- ⑯ D. Aoki, T. D. Matsuda, F. Hardy, C. Meingast, V. Taufour, E. Hassinger, I. Sheikin, C. Paulsen, G. Knebel, H. Kotegawa, and J. Flouquet, Superconductivity Reinforced by Magnetic Field and the Magnetic Instability in Uranium Ferromagnets, J. Phys. Soc. Jpn. 80 Supplement A (2011) SA008. 査読有、
DOI:10.1143/JPSJS.80SA.SA008
- ⑰ T. D. Matsuda, T. Sugai, Y. Haga, E. Yamamoto, Y. Onuki, Detailed Characterization of U-Co Binary Compounds, J. Phys. Soc. Jpn. 80 Supplement A (2011) SA101. 査読有、
DOI:10.1143/JPSJS.80SA.SA101
- ⑱ N. Tateiwa, Y. Haga, H. Sakai, S. Ikeda, T. D. Matsuda, E. Yamamoto, and Y. Onuki, Non-magnetic to Magnetic Transition under High Pressure in Narrow-Gap Semiconductor β -US₂, J. Phys. Soc. Jpn. 80 Supplement A (2011) SA103. 査読有、
DOI:10.1143/JPSJS.80SA.SA103
- ⑲ Y. Haga, D. Aoki, Y. Homma, T. D. Matsuda, S. Ikeda, H. Sakai, E. Yamamoto, A. Nakamura, Y. Shiokawa, and Y. Onuki, Crystal Structure and Physical Properties of Trigonal NpGa₃ and Np₃Ga₁₁, J. Phys. Soc. Jpn. 80 Supplement A (2011) SA109. 査読有、
DOI:10.1143/JPSJS.80SA.SA109
- ⑳ A. Yasui, S.-i. Fujimori, I. Kawasaki, T. Okane, Y. Takeda, Y. Saitoh, H. Yamagami, A. Sekiyama, R. Settai, T. D. Matsuda, Y. Haga, Y. Onuki, Electronic structure of YbCu₂Ge₂ studied by soft x-ray angle-resolved photoemission spectroscopy, Phys. Rev. B 84 (2011) 195121. 査読有、
DOI:10.1103/PhysRevB.84.195121
- ㉑ H. Chudo, Y. Tokunaga, S. Kambe, H. Sakai, Y. Haga, T. D. Matsuda, Y. Onuki, H. Yasuoka, D. Aoki, Y. Homma, R. E. Walstedt, R. E., ²³⁷Np nuclear relaxation rate in heavy fermion superconductor NpPd₃Al₂, Phys. Rev. B 84 (2011) 094402. 査読有、
DOI:10.1103/PhysRevB.84.094402
- ㉒ L. Malone, T. D. Matsuda, A. Antunes, G. Knebel, V. Taufour, D. Aoki, K. Behnia, C. Proust, J. Flouquet, Thermoelectric evidence for high-field anomalies in the hidden order phase of URu₂Si₂, Phys. Rev. B 83 (2011) 245117. 査読有、
DOI:10.1103/PhysRevB.83.245117
- ㉓ D. Aoki, C. Paulsen, T. D. Matsuda, L. Malone, G. Knebel, P. Haen, P. Lejay, R.

- Settai, Y. Onuki, J. Flouquet, Pressure Evolution of the Magnetic Field induced Ferromagnetic Fluctuation through the Pseudo-Metamagnetism of CeRu_2Si_2 , J. Phys. Soc. Jpn. 80 (2011) 053702. 査読有、DOI: 10.1143/JPSJ.80.053702
- ②④ H. Nohara, H. Kotegawa, H. Tou, T. D. Matsuda, E. Yamamoto, Y. Haga, Z. Fisk, Y. Onuki, D. Aoki, and J. Flouquet, Strong Longitudinal Magnetic Fluctuations Near Critical End Point in UCoAl : A ^{59}Co -NMR Study, J. Phys. Soc. Jpn. 80 (2011) 093707. 査読有、DOI:10.1143/JPSJ.80.093707
- ②⑤ D. Aoki, T. Combier, V. Taufour, T. D. Matsuda, G. Knebel, H. Kotegawa, and J. Flouquet, Ferromagnetic Quantum Critical Endpoint in UCoAl , J. Phys. Soc. Jpn. 80 (2011) 094711. 査読有、DOI:10.1143/JPSJ.80.094711
- ②⑥ T. D. Matsuda, E. Hassinger, D. Aoki, V. Taufour, G. Knebel, N. Tateiwa, E. Yamamoto, Y. Haga, Y. Onuki, Z. Fisk, and J. Flouquet, Details of Sample Dependence and Transport Properties of URu_2Si_2 , J. Phys. Soc. Jpn. 80 (2011) 114710. 査読有、DOI:10.1143/JPSJ.80.114710
- ②⑦ R. Okazaki, T. Shibauchi, H. J. Shi, Y. Haga, T. D. Matsuda, E. Yamamoto and Y. Onuki and H. Ikeda and Y. Matsuda, Rotational Symmetry Breaking in the Hidden-Order Phase of URu_2Si_2 , Science 331 (2011) 439. 査読有、DOI:10.1126/science.1197358
- ②⑧ N. Tateiwa, S. Ikeda, Y. Haga, T. D. Matsuda, E. Yamamoto, K. Sugiyama, M. Hagiwara, K. Kindo, Y. Onuki, Magnetic Field and Pressure Phase Diagrams of Uranium Heavy-Fermion Compound U_2Zn_{17} , J. Phys. Soc. Jpn. 80 (2011) 014706. 査読有、DOI:10.1143/JPSJ.80.014706
- ②⑨ A. Yasui, S.-i. Fujimori, I. Kawasaki, T. Okane, Y. Takeda, Y. Saitoh, H. Yamagami, A. Sekiyama, R. Settai, T. D. Matsuda, Y. Haga, and Y. Onuki, Soft X-Ray Angle-Resolved Photoemission Study of YbCu_2Ge_2 , J. Phys. : Conf. Ser. 273 (2011) 012067. 査読有、DOI:10.1088/1742-6596/273/1/012067
- ③⑩ T. Sugai, Y. Haga, T. D. Matsuda, E. Yamamoto, N. Tateiwa, F. Honda, R. Settai, Y. Onuki, Single Crystal Growth and Physical Properties of Ternary Uranium Compounds $\text{UM}_2\text{Al}_{10}$ (M = Fe, Ru and Os), J. Phys. : Conf. Ser. 273 (2011) 012067. 査読有、DOI:10.1088/1742-6596/273/1/012122
- ③⑪ R. Okazaki, M. Shimozawa, H. Shishido, M. Konczykowski, Y. Haga, T. D. Matsuda, E. Yamamoto, Y. Onuki, Y. Yanase, T. Shibauchi and Y. Matsuda, Anomalous Low-Field Diamagnetic Response in Ultraclean URu_2Si_2 Superconductor, J. Phys. : Conf. Ser. 273 (2011) 012081. 査読有、DOI:10.1088/1742-6596/273/1/012081
- ③⑫ E. Hassinger, T. D. Matsuda, G. Knebel, V. Taufour, D. Aoki and J. Flouquet, Inelastic Contribution of the Resistivity in the Hidden Order in URu_2Si_2 , J. Phys. : Conf. Ser. 273 (2011) 012031. 査読有、DOI:10.1088/1742-6596/273/1/012031
- ③⑬ J. Flouquet, D. Aoki, F. Bourdarot, F. Hardy, E. Hassinger, G. Knebel, T. D. Matsuda, C. Meingast, C. Paulsen, V. Taufour, Trends in Heavy Fermion Matter, J. Phys. : Conf. Ser. 273 (2011) 012001. 査読有、DOI:10.1088/1742-6596/273/1/012001
- ③⑭ D. Aoki, I. Sheikin, T. D. Matsuda, V. Taufour, G. Knebel, J. Flouquet, First Observation of Quantum Oscillations in the Ferromagnetic Superconductor UCoGe , J. Phys. Soc. Jpn. 80 (2011) 013705. 査読有、DOI:10.1143/JPSJ.80.013705
- ③⑮ H. Sakai, N. Tateiwa, T. D. Matsuda, T. Sugai, E. Yamamoto, Y. Haga, Crystal Structure and Physical Properties of Uranium-Copper Oxyphosphide UCuPO , J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) 074721. 査読有、DOI:10.1143/JPSJ.79.074721
- ③⑯ Y. Onuki, R. Settai, F. Honda, N. D. Dung, T. Ishikura, T. Takeuchi, T. D. Matsuda, N. Tateiwa, A. Nakamura, E. Yamamoto, Y. Haga, D. Aoki, Y. Homma, H. Harima, H. Yamagami, Heavy fermion state and quantum criticality, Physica B 405 (2010) 2194. 査読有、DOI:10.1016/j.physb.2010.02.006

- ③⑦ R. Okazaki, M. Shimozawa, H. Shishido, M. Konczykowski, Y. Haga, T. D. Matsuda, E. Yamamoto, Y. Onuki, Y. Yanase, T. Shibauchi, Y. Matsuda, Anomalous Temperature Dependence of Lower Critical Field in Ultraclean URu₂Si₂, J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) 084705. 査読有、DOI:10.1143/JPSJ.79.084705
- ③⑧ T. D. Matsuda, S. Ikeda, E. Yamamoto, Y. Haga, H. Shishido, H. Yamagami, R. Settai, Y. Onuki, Fermi Surface Properties of Ferromagnet UCu₂Si₂, J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) 114712. 査読有、DOI:10.1143/JPSJ.79.114712
- ③⑨ S. Kambe, Y. Tokunaga, H. Sakai, H. Chudo, Y. Haga, T. D. Matsuda, R. E. Walstedt, One-Component Description of Magnetic Excitations in the Heavy-Fermion Compound CeIrIn₅, Phys. Rev. B 81 (2010) 140405(R). 査読有、DOI:10.1103/PhysRevB.81.140405
- ④⑩ E. Hassinger, G. Knebel, T. D. Matsuda, D. Aoki, V. Taufour, J. Flouquet, Similarity of the Fermi Surface in the Hidden Order State and in the Antiferromagnetic State of URu₂Si₂, Phys. Rev. Lett. 105(2010) 216409. 査読有、DOI:10.1103/PhysRevLett.105.216409
- ④⑪ Y. Haga, Y. Homma, D. Aoki, S. Ikeda, T. D. Matsuda, N. Tateiwa, E. Yamamoto, A. Nakamura, K. Nakajima, Y. Arai, F. Honda, R. Settai, Y. Onuki, Magnetism and superconductivity in the new family of actinide compounds: AnPd₅Al₂, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 9 (2010) 012046. 査読有、DOI:10.1088/1757-899X/9/1/012046
- ④⑫ H. Chudo, H. Sakai, Y. Tokunaga, S. Kambe, D. Aoki, Y. Homma, Y. Haga, T. D. Matsuda, Y. Onuki and H. Yasuoka, Anisotropic Spin Fluctuations in Heavy-Fermion Superconductor NpPd₅Al₂, J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) 053704. 査読有、DOI: 10.1143/JPSJ.79.053704
- ② T. D. Matsuda、Details of Sample Dependence and Transport Properties of URu₂Si₂、The IMR-ASRC 3rd REIMEI International Workshop、2013年2月19日、東北大学東京分室
- ③ 松田達磨、URhSiの磁気異方性と輸送特性、日本物理学会、2012年9月21日、横浜国立大学
- ④ T. D. Matsuda、Magnetic Phase Diagram of UCoA、19th International Conference on Magnetism(ICM2012)、2012年7月12日、釜山(韓国)
- ⑤ T. D. Matsuda、Single Crystal Growth and Magnetic Properties of SmCu₂Si₂、International Workshop on Heavy Fermion TOKIMEKI 2011、2012年11月24日、大阪大学
- ⑥ 松田達磨、URu₂Si₂の輸送特性と試料依存性 III、日本物理学会、2011年9月23日、富山大学
- ⑦ 松田達磨、URu₂Si₂の輸送特性と試料依存性 II、日本物理学会、2011年3月27日、新潟大学
- ⑧ 松田達磨、URu₂Si₂の輸送特性と試料依存性、日本物理学会、2010年9月25日、大阪府立大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松田 達磨 (MATSUDA TATSUMA)
独立行政法人日本原子力研究開発機構・先端基礎研究センター・研究員
研究者番号：30370472

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

[学会発表] (計8件)

- ① 松田達磨、UCr₂Si₂の低温構造解析、日本物理学会、2013年3月27日、広島大学東広島キャンパス