

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 22 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400347

研究課題名(和文)スピングラス量子臨界物質の探索とその量子臨界現象の研究

研究課題名(英文) Investigation of spin glass quantum critical material and its quantum critical phenomena

研究代表者

李 徳新 (Li, Dexin)

東北大学・金属材料研究所・助教

研究者番号：40281985

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では多数のUおよび希土類化合物におけるスピングラス(SG)現象の外場制御効果を観測した。特に、元素組成及び外部磁場の制御効果を調べるために、SG物質である $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ 系多結晶及び Ce_2CuSi_3 単結晶を合成し、1.8Kまでの物性測定を行った。その結果、Si含有量の増加と共に $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ のSG転移温度は低下することを明らかにした。量子臨界状態を達成する可能性が高い元素組成を見つけた。また、 Ce_2CuSi_3 の低温SG特性は磁場により変化することを確認した。特に、SG転移温度は磁場の増加と共に低温側に移動し、1.4kOe付近で量子臨界状態を実現する可能性が考えられる。

研究成果の概要(英文)：Evident effects of element composition and external magnetic field on the spin glass behavior are observed for many ternary uranium and rare earth compounds. In particular, spin glass system $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ polycrystals and Ce_2CuSi_3 single crystal are synthesized and their basic physical properties are measured down to 1.8 K. As a result, the spin glass transition temperature of $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ decreases as the Si content increases. The optimum Si content that is highly likely to achieve a quantum critical state for $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ is found. On the other hand, it is confirmed that the spin glass characteristics of Ce_2CuSi_3 is changed by the external magnetic field. The spin glass transition temperature of Ce_2CuSi_3 moves toward the low temperature side as the external magnetic field increases, and there is a large possibility to achieve a quantum critical state near 1.4 kOe.

研究分野：固体物理

キーワード：スピングラス 量子臨界状態 フラストレーション効果 f電子系化合物

1. 研究開始当初の背景

近年、近藤効果と RKKY 相互作用の競合に起因する強磁性や反強磁性の量子臨界物質が次々と発見され、量子臨界点近傍における電子状態の特異な挙動は盛んに研究されている。特に強相関電子系においては、フラストレーションは重い電子系の量子臨界現象をチューニングするもう一つのパラメーターとして注目されている。本質的な量子臨界現象を理解するために、そのメカニズムの究明は必要不可欠である。

f 電子系スピングラス物質は、近藤効果や RKKY 相互作用に加え顕著なフラストレーション効果を持ち、フラストレーションによる量子臨界現象を研究する上で最良の物質群と言える。しかし、スピングラス挙動に関する極低温までの研究例が少なく、第三種磁気秩序と呼ばれるスピングラスの量子臨界物質は今まで発見されていない。

我々はこれまで、f 電子系 NMAD (nomagnetic atom disorder) 化合物のスピントラストレーション効果、特に外場(磁場や圧力、元素組成)によるスピングラス状態の制御について研究を行ってきた。2:1:3系など一連のウランおよび希土類化合物の結晶育成に成功し、スピングラス、近藤効果、長距離磁気秩序、長距離磁気秩序とスピングラス共存などの現象を見出し、それらの磁性が外場に敏感であることを明らかにした。NMAD スピングラスは伝統的なスピングラスと異なり、規則的な結晶格子を形成している磁性原子の間に、なぜスピングラス状態が形成するのか、フラストレーションや近藤効果と RKKY 相互作用との競合によりスピングラス量子臨界状態が誘起できるのか、物性物理学上大変興味深い。

f 電子系化合物の物性研究は国内外で第一線の研究者らに支えられ、長い伝統がある。しかし、NMAD 構造に起因するスピングラス現象に関する研究は極めて少ない。特に、磁気量子臨界点近傍のスピングラス挙動について研究はまだない。多くの強磁性や反強磁性の U/Ce 化合物が量子臨界点近傍において新奇な量子臨界現象を示すことを考えれば、外場によってスピングラス物質が量子臨界状態を示すことは想像に難くない。このアイデアは、ウランおよび希土類 2:1:3 系物質の最新の研究結果(外場制御によるスピングラスの生成・成長、スピングラス現象の誘起・消失など徴候を示す)に裏付けられており、これらの化合物はスピングラス量子臨界物質の有力な候補であると考えられる。

2. 研究の目的

NMAD 構造を持つウランあるいは希土類化合物は、フラストレーションや近藤効果と

RKKY 相互作用との競合によって特異な磁性が観測される。外場により、その競合効果の制御は容易であり、長距離磁気秩序やスピングラス、量子臨界点など電子状態を連続的に変えていくことが可能である。本研究は、NMAD 構造を持つウランおよび希土類三元化合物を主なターゲットにして、新規物質を開発すると共に、(1)スピングラス現象の誘起・消失の外場制御を実現する。(2)低温物性の観測によりスピングラス量子臨界物質を探索し、新奇な臨界磁性の発見と機構解明を目指す。

3. 研究の方法

ウランは放射性物質であるため、試料の調製や測定準備など取り扱い作業の安全性を十分配慮しながら、次のような四つの過程を通じて研究を行った。

(1) 物質探索と結晶育成 テトラアーク炉及び高温電気炉を用いて、引き上げ法とフラックス法で試料を作製する。ターゲット物質は以下の通りである。① 2:1:3 系物質 R_2TX_3 (R=ウラン及び希土類元素、T=遷移金属、X=Si、Ge、In) 及びその派生する物質、② 2:3:5 系物質 $U_2T_3X_5$ (T=遷移金属、X=Si、Ge、Sn)、③ 1:1:1 系物質 $URh_{1-x}Ir_xGe$ 。

(2) 試料の品質評価 まず、粉末X線回折と電気抵抗測定によって育成された試料の品質を評価し、結晶構造および格子定数を決定する。X線ラウエカメラを利用して結晶軸を決定し、放電加工機により試料を整形する。また、構造および結晶品質の評価として、TEM・SEM 観察および化学分析を行う。

(3) 物性測定 電気抵抗、磁気緩和、比熱、ac と dc 帯磁率、磁気メモリ効果など基礎物性の測定は基本的に金研大洗センター、金研低温センターおよび金研 α 放射体実験室に設置された SQUID、PPMS および磁場中低温伝導特性測定装置を利用する。なお、高磁場磁化の測定は物性研の国際超強磁場科学研究施設で行う。

(4) データ解析・物性考察 データ解析は主に電気抵抗、比熱、磁化率の温度、磁場、圧力依存性から、各物理条件下の電子状態を調べる。現存の理論を用いて、実験結果を定性的あるいは定量的に分析する。特に、外場制御によるターゲット試料はスピングラス磁気秩序から非磁性状態までの変化過程を究明するために、各物理状態を特徴づけるパラメーターを決める。外場の制御効果を明らかにする。

4. 研究成果

本研究では、新規スピングラス物質を探索すると共に、2:1:3、1:1:1、2:3:5 系化合物を主なターゲットに選択し、新規物質を含む多数の多結晶或は単結晶試料

を育成した。それらのスピンプラストレーション効果に関連する基礎物性の測定を行った。以下で、多結晶 $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ 系物質及び単結晶 Ce_2CuSi_3 の実験データを中心に、本研究で得られた主な成果について述べる。

(1) $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ 系

六方晶構造を持つ 2:1:3 ウラン化合物 U_2PdSi_3 は典型的な NMAD スピングラス物質である。本研究では、Pd と Si の仕込み量を変えて、 $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ 系の化合物 ($x=0, \pm 0.1, \pm 0.2, \pm 0.3, \pm 0.4, \pm 0.5$) を合成し、低温磁化、磁化率、磁気緩和、磁気メモリ効果など基礎物性を測定した。例として、図 1 に磁場中冷却 (FC) 後およびゼロ磁場中冷却 (ZFC) 後 $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ ($x=-0.1, 0, 0.2$) の dc 磁化率の測定結果を示す。以下のスピングラスの特徴を観測された。①低い外部磁場を印加すると、シャープな磁化率ピークを示しており、何らかの磁気転移を示唆する。②帯磁率のピークは外部磁場に敏感に変化する。磁場増加と共にこのピークはプロードになり、ピークの位置は低温側に移動し、ピークの大きさは小さくなる。③特徴温度 T_f (スピングラス転移温度) が存在する。 $T < T_f$ の低温側で FC と ZFC 磁化率曲線が分離し、明らかな不可逆磁性が現れる。④外部磁場が大き

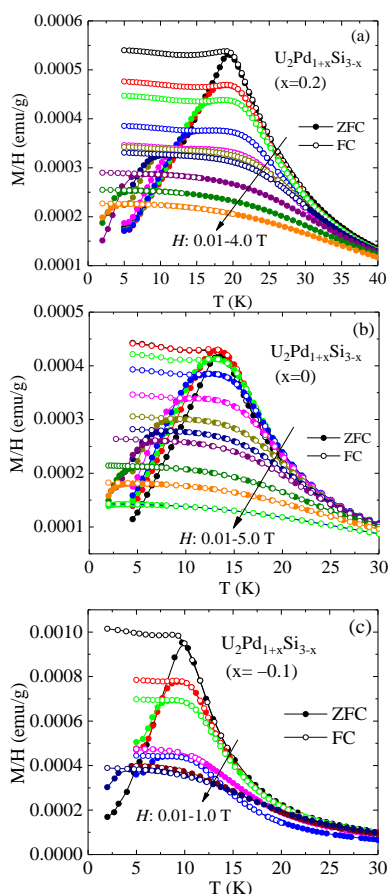


図 1、 $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ の FC(open symbols) 及び ZFC(closed symbols) 磁化率の温度および磁場依存性。(a): $x=0.2$, (b): $x=0$, (c): $x=-0.1$ 。

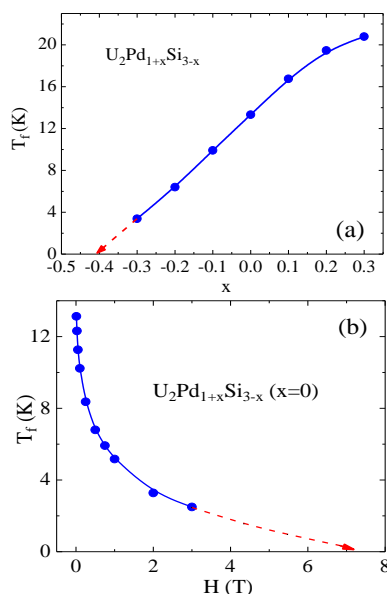


図 2、(a) 組成パラメーター x の増大に伴い $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ におけるスピングラス転移温度は絶対零度に近づく。(b) 外部磁場 H の増大に伴い $U_2Pd_{1+x}Si_{3-x}$ ($x=0$) におけるスピングラス転移温度は絶対零度に近づく。

くなると、 T_f は低温側に移動する。その他、長時間磁気緩和現象およびスピングラス特有な ZFC 磁気メモリ効果などが観測された。

図 1 に示すように、スピングラス転移温度 T_f は元素の仕込み量により規則的に変化する。組成パラメーター x は 0.3 から -0.3 まで変化すると、 T_f は 20.7 K から 3.3 K まで降下する。 $x=-0.4$ ではスピングラス転移は 1.8 K まで観測されておらず、その近傍で T_f は絶対零度まで降下する可能性が高い「図 2(a)」。

また、スピングラス転移温度の外部磁場の制御効果は顕著であり、 U_2PdSi_3 ($x=0$) の場合は 7 T 程度の磁場をかけると T_f は絶対零度に近づくことを期待できる「図 2(b)」。

(2) U_2CuSi_3

Ce_2CuSi_3 は六方晶 $A1B_2$ 構造を持つ NMAD 物質である。これまでの比熱、磁化、ac と dc 磁化率、磁気緩和の測定結果により、 $T_f \sim 2.1$ K 付近で c 面内および c 軸方向においてスピングラス転移が発生し、典型的なスピングラス効果が既に観測された。本研究では、 Ce_2CuSi_3 単結晶試料を利用して、外部磁場 (H_{dc}) 中 ac 磁化率の温度および周波数依存性の変化を測定した。例として、 $H_{dc}=20, 50, 140$ Oe の外部磁場中 Ce_2CuSi_3 における c 面内の交流磁化率 (実部) の測定結果を図 3 に示す。スピングラスの典型的な特徴が観測された。ここでは、周波数 $\omega=0.1$ Hz の $\chi'_{ac}(T)$ のピーク温度 T_f はスピングラス転移温度と定義する。外部磁場をかけると、 T_f は $H_{dc}=0$ の 2.06 K から $H_{dc}=230$ Oe の 1.81 K まで移動し、明らかな磁場依存性が観測された。 $T_f(H)$ 曲線

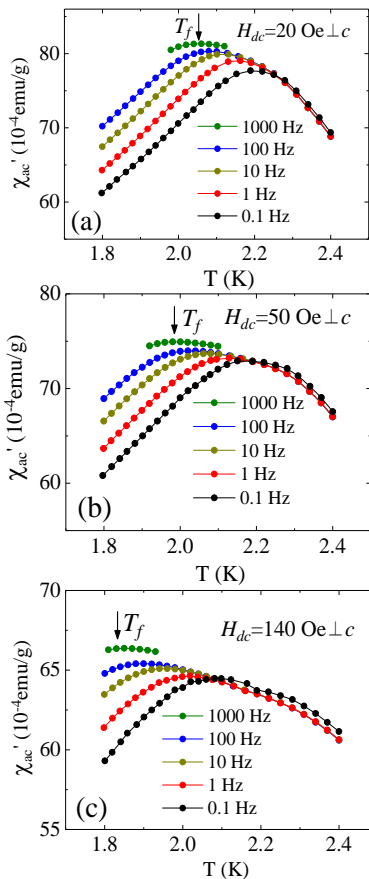


図3、 $H_{dc}=20$ Oe (a)、 50 Oe (b)、 140 Oe (c) の外部磁場中単結晶 Ce_2CuSi_3 における c 面内交流磁化率実部の温度及び周波数依存性。

を 0 K まで外挿すると、 1.4 kOe 付近で $T_f(H)$ は絶対零度に近い、量子臨界状態を達成することが期待できる「図4(a)」。一方、 ac 磁化率の解析結果により、スピングラス状態を評価する動力学パラメータは外部磁場の増加により規則的に変化する。図4(b)に示すように、スピングラス転移温度の周波数変化率 $\delta T_f [\Delta T_f / (T \Delta \log \omega)]$ は磁場の増加に伴う大きくなり、スピングラス状態の変遷の可能性が考えられる。これらの興味深い物性を究明するために、極低温までの物性測定、特に、 $H_{dc}=1.4$ kOe 付近で比熱および電気抵抗の測定により比熱係数 γ と抵抗係数 A を決定することが必要である。

(3) 新規スピングラス/クラスターグラス物質の探索

① Pr_2CuIn_3 は六方晶 $CaIn_2$ 型構造を持つ NMAD 化合物であり、これまで常磁性 (4.2 K まで) 物質と認識している。本研究でよく熱処理した多結晶試料を用いて、詳細な基礎物性を測定した。その結果、 $T_f \sim 5.4$ K 以下で不可逆磁性、長時間磁気緩和、交流磁化率の周波数依存性などスピングラス効果が観測され、 Pr_2CuIn_3 は典型的なスピングラス物質であることが確認した。

② Er_2PtSi_3 と Ho_2PtSi_3 の多結晶試料を

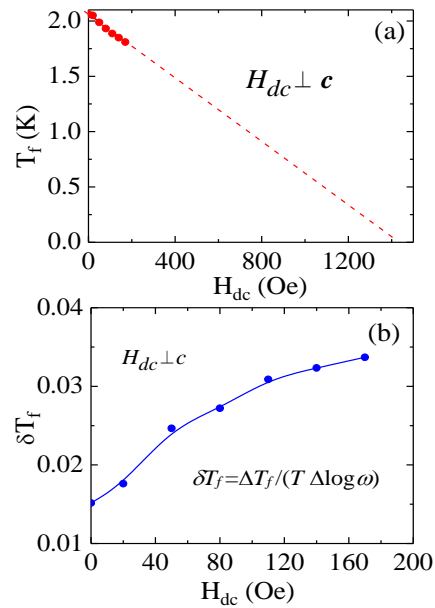


図4、(a) 外部磁場 H_{dc} の増大に伴い単結晶 Ce_2CuSi_3 における c 面内スピングラス相転移温度は絶対零度に近づく。(b) 単結晶 Ce_2CuSi_3 における c 面内スピングラス相転移温度の周波数変化率 δT_f の磁場依存性。

作成し、 Ba_2LiSi_3 型の斜方晶構造を持つ単相物質であることを明らかにした。基礎物性の測定結果により、 Er_2PtSi_3 と Ho_2PtSi_3 はそれぞれリエントラントスピングラスと強磁性クラスターグラス物質であり、両方共に低温側で巨大な磁気熱量効果が発見された。

③ 多種類の $2:3:5$ 系 $U_2T_3X_5$ (T =遷移金属、 $X=Si, Ge, Sn$) 化合物の育成を試みた。その結果、 $U_2Ir_3Si_5$ 単結晶及び $U_2Rh_3Ge_5$ 多結晶試料育成に成功した。スピングラス物質ではないが、新規物質として両方とも斜方晶 $U_2Co_3Si_5$ 型結晶構造を持ち、興味深い物性を示した。 $U_2Ir_3Si_5$ は強い磁気異方性を持つ反強磁性体 ($T_N=35.5$ K) であり、 $T_0=25.3$ K で新たな一次磁気転移発生した。容易軸である $[010]$ 軸では 20 T 付近で明確な 3 段のメタ磁性転移が観測され、 T_0 以下では一次転移的なメタ磁性転移が見られた。 $U_2Rh_3Ge_5$ は $T_N=47$ K の反強磁性体であり、 4.2 K で 11.5 T から明確な多段のメタ磁性転移が現れ、複雑な磁気相図の存在が予想できる。一方、 $U_2Ru_3Ge_5$ は明らかなスピングラス振舞いが現れ、 $T_f \sim 4.5$ K 付近でスピングラス転移が確認された。しかし、この物質の結晶構造は今まで発見された $2:3:5$ 系物質の数種類の結晶構造と異なり、詳細な構造解析が必要である。

④ 擬三元系 $1:1:1$ 化合物 $URh_{1-x}Ir_xGe$ ($0 \leq x \leq 1$) の多結晶あるいは単結晶を作成した。全ての試料は $TiNiSi$ 型の斜方晶構造を持ち、 x 値は 1 から減少すると共に、 $URh_{1-x}Ir_xGe$ の磁性は反強磁性から強磁性まで変化する。 $x < 0.7$ の $URh_{1-x}Ir_xGe$ 試料はスピングラスのような磁気フラストレーション現象が現れ、交

流磁化率の周波数依存性、熱不可逆磁性など典型的な特徴が観測された。 $x \sim 0.43$ 近傍の $\text{URh}_{1-x}\text{Ir}_x\text{Ge}$ 試料のフラストレーション現象はもっとも顕著である。それはキュウリ温度近傍で強いスピン揺らぎに起因するものであると考えられる。

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 12 件)

(1) D. X. Li, Y. Homma, A. Nakamura, F. Honda, T. Yamamura, D. Aoki, Re-entrant spin glass behavior and large magnetocaloric effect in Er_2PtSi_3 , Journal of Physics: Conference Series, 査読有, 807 (2017) 042003 1-8. doi:10.1088/1742-6596/807/4/042003

(2) A. Nakamura, F. Honda, Y. Homma, D. X. Li, K. Nishimura, M. Kakihana, M. Hedo, T. Nakama, Y. Onuki, and D. Aoki, Single crystal growth and superconductivity in La_7Ni_3 without inversion symmetry in the crystal structure, Journal of Physics: Conference Series, 査読有, 807 (2017) 052012 1-5. doi:10.1088/1742-6596/807/5/052012

(3) F. Honda, D. X. Li, K. Okauchi, Y. Homma, A. Nakamura and D. Aoki, Investigation of exotic electronic properties on rare-earth & actinide compounds under high pressure, MSR Advances, 査読有, 1 (2016) 2975-2986. DOI: <https://doi.org/10.1557/adv.2016.373>

(4) F. Honda, K. Okauchi, A. Nakamura, D. X. Li, D. Aoki, H. Akamine, Y. Ashitomi, M. Hedo, T. Nakama, and Y. Onuki, Pressure-induced valence transition and characteristic electronic states in EuRh_2Si_2 , Journal of the Physical Society of Japan, 査読有, 85 (2016) 063701 1-4. <http://doi.org/10.7566/JPSJ.85.063701>

(5) Y. Hirose, H. Doto, F. Honda, D. X. Li, D. Aoki, Y. Haga and R. Settai, New heavy-fermion antiferromagnet $\text{UPd}_2\text{Cd}_{20}$, J. Phys.: Condens. Matter, 査読有, 28 (2016) 425601 1-6. doi:10.1088/0953-8984/28/42/425601

(6) D. Aoki, A. Nakamura, F. Honda, D. X. Li, and Y. Homma, Large upper critical field of superconductivity in the single crystal U_6Co , Journal of the Physical Society of Japan, 査読有, 85 (2016) 073713 1-4. <http://doi.org/10.7566/JPSJ.85.073713>

(7) D. Aoki, F. Honda, Y. Homma, D. X. Li, R. Settai, H. Harima, and Y. Onuki, Large cyclotron effective mass detected by de Haas-van Alphen effect in YbCu_2Si_2 , Journal of the Physical Society of Japan, 査読有, 84 (2015) 035002 1-2. <http://dx.doi.org/10.7566/JPSJ.84.035002>

(8) Y. Hirose, S. Tomaru, S. Sato, S. Ota, S. Kurahashi, T. Takeuchi, F. Honda, Y. Homma, D. X. Li, D. Aoki, R. Settai, Single crystal growth and magnetic properties of RCu_9Sn_4 (R:rare earth metals), J. Phys.: Conf. Sec., 査読有, 592 (2015) 012034. doi:10.1088/1742-6596/592/1/012034

(9) D. X. Li, Y. Homma, F. Honda, T. Yamamura and D. Aoki, Low temperature spin-glass behavior in nonmagnetic atom disorder compound Pr_2CuIn_3 , Physics Procedia, 査読有, 75 (2015) 703-710. doi:10.1016/j.phpro.2015.12.091

(10) D. X. Li, Y. Homma, F. Honda, T. Yamamura and D. Aoki, Large magnetocaloric effect and magnetic properties in ErCoAl , Physics Procedia, 査読有, 75 (2015) 1300-1305. doi:10.1016/j.phpro.2015.12.145

(11) H. Doto, Y. Hirose, F. Honda, D. X. Li, Y. Homma, D. Aoki, and R. Settai, Single crystal growth and electronic state of $\text{UPd}_2\text{Cd}_{20}$, Physics Procedia, 査読有, 75 (2015) 56-61. doi:10.1016/j.phpro.2015.12.009

(12) D. X. Li, T. Yamamura, S. Nimori, Y. Homma, F. Honda, Y. Haga and D. Aoki, Large reversible magnetocaloric effect in ferromagnetic semiconductor EuS , Solid State Communs., 査読有, 193 (2014) 6-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssc.2014.05.024>

[学会発表] (計 25 件)

(1) 本多史憲、Valenta Jaroslav Valiska Michal、Bara Vondrackova、Petr Opletal、Jiri Kastil、Prchal Jiri、李徳新、青木大、Sechovsky Vladimir、 UIrSi_3 の単結晶育成と物性、日本物理学会第71回年次大会、2017年3月20日、大阪大学 豊中キャンパス

(2) 望月健生、清水悠晴、近藤晃弘、本間佳哉、李徳新、青木大、松尾晶、金道浩一、重い電子系反強磁性超伝導体 UNi_2Al_3 の強磁場磁化過程、日本物理学会第71回年次大会2017年3月20日、大阪大学 豊中キャンパス

(3) 仲村愛、本多史憲、本間佳哉、李徳新、清水悠晴、Arvind Maurya、大貫惇睦、播磨尚朝、青木大、 ThCu_2Si_2 の単結晶育成とドハース・ファンアルフェン効果、日本物理学会第71回年次大会、2017年3月20日、大阪大学 豊中キャンパス

(4) 本間佳哉、仲村愛、清水悠晴、李徳新、本多史憲、青木大、仲間隆男、大貫惇睦、日本物理学会第71回年次大会、多段磁気転移を示す $\text{Eu}_{1-x}\text{La}_x\text{Al}_4$ ($x=0, 0.2$) のメスバウアー分光測定、2017年3月20日、大阪大学 豊中キャンパス

(5) 中村優希、中島美帆、天児寧、仲村愛、李徳新、本多史憲、青木大、郷地順、上床美也、単結晶 $\text{Ce}_2\text{T}_3\text{Ge}_5$ ($T=\text{Ir, Co, Pd}$) の物性と圧力効果、日本物理学会第71回年次大会、2017

年3月19日、大阪大学 豊中キャンパス

(6) 李徳新、本間佳哉、仲村愛、清水悠晴、本多史憲、山村朝雄、青木大、電荷密度波転移を示す強磁性物質SmNiC2における強い磁気異方性、日本物理学会第71回年次大会、2017年3月17日、大阪大学 豊中キャンパス

(7) 本多史憲、岡内啓悟、仲村愛、李徳新、青木大、赤嶺拓、安次富洋介、辺土正人、仲間隆男、大貫惇睦、EuRh₂Si₂単結晶および関連物質の圧力誘起価数転移と臨界終点、日本物理学会2016年秋季大会、2016年9月16日、金沢大学 角間キャンパス

(8) 岸本恭来、小手川恒、藤秀樹、齋藤開、網塚浩、本間佳哉、仲村愛、李徳新、本多史憲、青木大、UNi₂Bの電流磁気効果のNMRによる検証、日本物理学会2016年秋季大会、2016年9月15日、金沢大学 角間キャンパス

(9) 徳永陽、仲村愛、青木大、服部泰佑、酒井宏典、神戸振作、本多史憲、本間佳哉、李徳新、清水悠晴、サイクロイド型磁気秩序を示すUPtGeのPt-NMRによる研究、日本物理学会2016年秋季大会、2016年9月15日、金沢大学 角間キャンパス

(10) 仲村愛、本多史憲、本間佳哉、李徳新、清水悠晴、大貫惇睦、青木大、ThSb₂とThBi₂の単結晶育成とドハース・ファンアルフェン効果、日本物理学会2016年秋季大会、2016年9月13日、金沢大学 角間キャンパス

(11) 李徳新、本間佳哉、仲村愛、本多史憲、山村朝雄、青木大、Ho₂PtSi₃における強磁性クラスターグラス挙動および大きな磁気熱量効果、日本物理学会2016年秋季大会、2016年9月13日、金沢大学 角間キャンパス

(12) 李徳新、本間佳哉、仲村愛、本多史憲、山村朝雄、青木大、擬三元系ウラン化合物U(Rh_{1-x}Ir_x)Geにおける磁気フラストレーション状態の形成究、日本物理学会第71回年次大会、2016年3月22日、東北学院大学 泉キャンパス

(13) 本多史憲、仲村愛、李徳新、本間佳哉、芳賀芳範、青木大、U₂T₃Si₅(T: Rh, Ir)の物性と圧力効果 II、日本物理学会第71回年次大会、2016年3月22日、東北学院大学 泉キャンパス

(14) 三宅厚志、仲村愛、志村康成、本間佳哉、李徳新、本多史憲、徳永将史、青木大、UPtGeの強磁場磁化過程、日本物理学会第71回年次大会、2016年3月20日、東北学院大学 泉キャンパス

(15) 本間佳哉、李徳新、仲村愛、本多史憲、青木大、Co_{1-x}Fe_xAl (x=0.02, 0.04)単結晶の磁性、日本物理学会第71回年次大会、2016年3月20日、東北学院大学 泉キャンパス

(16) 青木大、仲村愛、本多史憲、本間佳哉、李徳新、U₆Coの単結晶育成と超伝導、日本物理学会第71回年次大会、2016年3月20日、東北学院大学 泉キャンパス

(17) 仲村愛、本多史憲、西村健吾、垣花将司、辺土正人、仲間隆男、大貫惇睦、本間佳哉、

李徳新、青木大、Th₇Ni₃とLa₇Ni₃の単結晶育成と物性、日本物理学会第71回年次大会、2016年3月20日、東北学院大学 泉キャンパス

(18) 本間佳哉、李徳新、仲村愛、本多史憲、青木大、UCo_{1-x}Fe_xAlの⁵⁷Feメスバウアー分光、日本物理学会2015年秋季大会、2015年9月17日、関西大学 千里山キャンパス

(19) 本多史憲、仲村愛、李徳新、本間佳哉、芳賀芳範、青木大、U₂T₃Si₅(T: Rh, Ir)の物性と圧力効果、日本物理学会2015年秋季大会、2015年9月17日、関西大学 千里山キャンパス

(20) 李徳新、本間佳哉、本多史憲、山村朝雄、芳賀芳範、青木大、強磁性半導体EuSにおける巨大な磁気熱量効果、日本物理学会2015年秋季大会、2015年9月16日、関西大学 千里山キャンパス

(21) 李徳新、本間佳哉、本多史憲、山村朝雄、青木大、新規ウラン化合物U₂Rh₃Ge₅における磁気的性質、日本物理学会第70回年次大会、2015年3月22日、早稲田大学 早稲田キャンパス

(22) 本間佳哉、李徳新、本多史憲、青木大、URh_{1-x}Fe_xGeの⁵⁷Feメスバウアー分光、日本物理学会第70回年次大会、2015年3月22日、早稲田大学 早稲田キャンパス

(23) 李徳新、本間佳哉、本多史憲、山村朝雄、青木大、U₂Ir₃Si₅単結晶の磁気的性質、日本物理学会 2014 年秋季大会、2014 年 9 月 8 日、中部大学春日井キャンパス

(24) 本間佳哉、李徳新、本多史憲、仲村愛、辺土正人、仲間隆男、大貫惇睦、青木大、(Eu_{1-x}La_x)Al₄(x=0, 0.2)反磁性体の¹⁵¹Euメスバウアー分光、日本物理学会 2014 年秋季大会、2014 年 9 月 8 日、中部大学春日井キャンパス

(25) 本多史憲、李徳新、本間佳哉、芳賀芳範、青木大、U₂T₃X₅ (T: Rh, Ir, X: Si, Ge)の高圧下物性、日本物理学会 2014 年秋季大会、2014 年 9 月 8 日、中部大学春日井キャンパス

6. 研究組織

(1) 研究代表者

李 徳新 (Li Dexin)
東北大学・金属材料研究所・助教
研究者番号：40281985

(2) 研究分担者

本間 佳哉 (Homma Yoshiya)
東北大学・金属材料研究所・助教
研究者番号：00260448

山村 朝雄 (Yamamura Tomoo)
東北大学・金属材料研究所・准教授
研究者番号：20281983

青木 大 (Aoki Dai)
東北大学・金属材料研究所・教授
研究者番号：30359541

本多 史憲 (Honda Fuminori)
東北大学・金属材料研究所・准教授
研究者番号：90391268