

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 25 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26287083

研究課題名(和文) 超音波を用いた新規バイプロニック状態の磁場印可によるカイラル対称性破れの研究

研究課題名(英文) Ultrasonic study on chiral symmetry of novel vibronic state broken by applying magnetic fields

研究代表者

鈴木 孝至 (Suzuki, Takashi)

広島大学・先端物質科学研究科・教授

研究者番号：00192617

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,700,000円

研究成果の概要(和文)：東北大学金属材料研究所との共同研究により、希釈冷凍機とハイブリッド磁石を組み合わせた極低温・定常強磁場弾性率測定システムを用いて、PrT<sub>2</sub>Zn<sub>20</sub> (T=Ir, Rh)の弾性率C<sub>44</sub>における回転不変性効果及び異方性効果と(C<sub>11</sub>-C<sub>12</sub>)/2の回転不変性効果を測定した。両物質における新規磁場誘起相が出現する臨界磁場より低い磁場で測定した回転不変性効果とそれより高い磁場で測定した回転不変性効果には明らかな自発的差異が生じることを初めて見出した。これらの結果は、我々が提案する「新規バイプロニック状態の磁場印可によるカイラル対称性の破れ」に合致しており、本研究の目的を実験の側面から達成したと言える。

研究成果の概要(英文)：We measured the rotational invariance effect and the anisotropy effect in elastic mode C<sub>44</sub> and the rotational invariance effect in elastic mode (C<sub>11</sub>-C<sub>12</sub>)/2 of single-crystalline PrT<sub>2</sub>Zn<sub>20</sub> (T=Ir, Rh) using the special ultrasonic measurement system with the dilution refrigerator and the hybrid magnet which is constructed by High Field Laboratory for Superconducting Materials, Institute for Materials Research, Tohoku University. We found, for the first time, the spontaneous anisotropy in the rotational invariance effect for both samples PrT<sub>2</sub>Zn<sub>20</sub> (T=Ir, Rh) between the higher and lower magnetic fields than the critical field at which the magnetic field induced phase appears. This result supports our prediction that the chiral symmetry in the novel vibronic state must be broken by the magnetic field.

研究分野：低温物理学，固体物性，超音波物性

キーワード：超音波分光 バイプロニック カイラル 多極子 巨大振幅原子振動 強磁場 極低温

### 1. 研究開始当初の背景

本研究代表者は、超音波分光法を用い、巨大振幅原子振動いわゆるラットリングに基づく異常物性発現機構の解明や多くの多極子秩序系の発見などで貢献してきた。

本研究で取り扱う物質群  $RT_2Zn_{20}$  ( $R = Pr, La; T = Ru, Ir, Rh$ ) は、研究分担者の鬼丸が、**新奇超伝導の発見**によって世に出したものであることはよく知られている。この超伝導相は、下で紹介する我々が実証した反強 4 極秩序相の中に出現する。超伝導の発現機構には、4 極子秩序温度 0.11 K で電子エントロピーが  $R \ln 2$  の 20% にしか達しないため、4 極子揺らぎや多チャンネル近藤効果の寄与が予想され注目されている。

最近我々は、 $PrT_2Zn_{20}$  ( $T = Ir, Rh$ ) の超音波分光法による磁場中及びゼロ磁場中弾性率測定の結果、これまで気づかれなかった**新奇磁場誘起秩序相を発見した**。 $PrIr_2Zn_{20}$  の磁場中 ( $H // [111]$ ) における横波弾性率 ( $C_{11} - C_{12}$ )/2 の温度依存性は、パラ相においては、顕著なソフト化を示し反強 4 極秩序 (AFQ) 温度でハード化に転じている。パラ相におけるソフト化は、Pr の 4f 電子基底状態 3 がもつ大きな 4 極子揺らぎが、パラ相に存在することを証明している。温度を固定して弾性率の磁場依存性を行ったところ、12 T 付近に明確な弾性異常を検出し、初めて本物質に未知の**磁場誘起秩序相 (FIP)** が存在することを発見した。

低磁場領域では超伝導相を内包する反強 4 極子秩序相を生み出し、高磁場領域では秩序機構さえ分からない磁場誘起相を生み出す得体の知らない異常なパラ相が、2 K 以下でクロスオーバー的にわき上がっていることが判明した。

### 2. 研究の目的

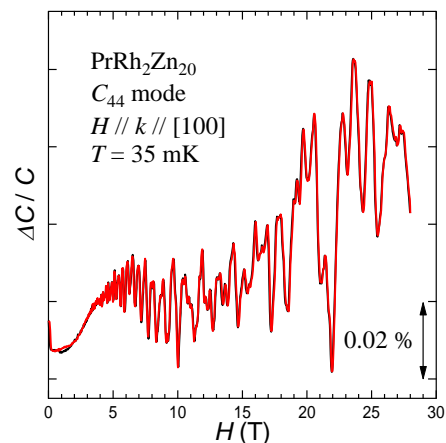
上述の通り、我々が 4 極子秩序の存在を実証した新奇超伝導体  $PrT_2Zn_{20}$  ( $T = Ir, Rh$ ) は、4 極子揺らぎを通じた超伝導機構、多チャンネル近藤効果などの可能性で注目を集めている。最近、我々は本物質において新奇の磁場誘起秩序相を超音波実験から発見した。低温低磁場域では超伝導相を内包した反強 4 極子秩序、高磁場域では新奇磁場誘起相を生み出すパラ相は、新奇物理を有すると期待される。我々は f 電子と格子揺らぎが結合し回転対称性が 2 重縮退した未知の新規パイロニック状態が実現していると期待している。理論的にはパイロニック状態を基底とする多チャンネル近藤効果状態の予言もある。我々はこれまで試みられたことがない回転応答を測定する超音波実験を考案し、通常の実験と合わせてパラ相および各秩序相の正体を明らかにする。更に、発展的研究としてカイラル対称性をもつ、各種 f 電子磁性体の電子状態を解明するとともに自発的な回転応答の異方性を検証する。

### 3. 研究の方法

本研究は、超音波実験 (弾性率、超音波吸収、測定周波数依存性、音響的 dHvA 効果の測定) や各種物性測定を駆使して、 $RT_2Zn_{20}$  系の新規パイロニック状態とその秩序状態を解明するものである。1. その鍵は、「カイラル対称性」である。知る限り実施されたことのない「捻りトランスデューサ」を用いた「回転応答関数」の測定法と解析法を確立し新規パイロニック状態に関わる物理や高磁場意気に表れる量子臨界状態を明らかにする。2. 磁場誘起秩序相は磁場方向によって 12 T 以上の領域に出現する。十分な情報を得るためには強磁場が必要であるため、我々が新規開発した超音波位相直交法 (ORPHEUS) の装置をパルス強磁場磁石に組み合わせて超強磁場超音波分光を行う。3. カイラル対称性をもつ各種 f 電子磁性体の電磁状態解明も、上述の 1. および 2. と同様の手法を用いる。

### 4. 研究成果

予定を 1 年度前倒して 26 年度中に行ったドイツ国立ドレスデン強磁場研究所との共同研究により、パルス超強磁場マグネットを用いて弾性率の測定を行った。この結果、 $PrT_2Zn_{20}$  ( $T = Ir, Rh$ ) においてそれまで報告例のない磁場誘起相転移および磁場誘起相を検出した。回転不変性効果の兆候も見出した。分担者は、 $PrT_2Zn_{20}$  ( $T = Ir$ ) の純単結晶を育成し、磁場中比熱を 0.1 K 以下まで測定した。磁場 [100] 方向において、非フェルミ液体的挙動が重い電子的な振る舞いへクロスオーバーして変化することを見出した。これによって、非クラマース基底状態をもつ系における新たな基底状態の発現可能性を指摘した。



26 年度の成果を元に、磁場誘起相の特定及び回転不変性効果の詳細測定のため、東北大学金属材料研究所強磁場施設と共同研究を開始した。同強磁場施設では、希釈冷凍機とハイブリッド磁石を組み合わせた定常強磁場中弾性率測定システムが稼働し始めたからである。27 年度、28 年度の 2 年度に渡り数回のマシンタイムを確保し、 $C_{44}$  については回転不変性効果及び異方性効果を、 $(C_{11} - C_{12})/2$  については回転不変性効果を丹念

に測定した。結果の一例として、 $\text{PrRh}_2\text{Zn}_{20}$ において温度 35 mK で 28 T まで測定した磁場と音波の進行方向が[100]軸に平行な配置での  $C_{44}$  モードの磁場依存性を図示する。図中の振動は音響的 de Haas van Alphen 効果である。これらのデータを集積したところ、 $\text{PrT}_2\text{Zn}_{20}$  ( $T = \text{Ir, Rh}$ )の両物質における新規磁場誘起相が出現する臨界磁場より低い磁場で測定した回転不変性効果と臨界磁場より高い磁場で測定した回転不変性効果には明らかな差異が生じることを初めて見出した。この結果は、新奇パイロニック状態の回転対称性が破れたことにより新規磁場誘起相が出現したことを示唆している。我々の当初の予想と合致しており、本研究の目的を実験の側面から達成したと言える。ただし、理論的裏付けが必要であることから、現在、量子力学的な解析を進めている。カイラル対称性をもつ各種  $f$  電子系の電子状態については、多極子秩序の発見や磁気相図の決定並びに血相場状態の決定など多くの成果を得ているが、詳細は発表論文をご参照頂きたい。

#### 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 28 件)

1. S. Kamikawa, I. Ishii, K. Takezawa, T. Sakami, F. Nakagawa, H. Tanida, M. Sera, and T. Suzuki, “Field induced phase transition with quadrupole fluctuation in  $\text{HoFe}_2\text{Al}_{10}$  with orthorhombic symmetry”  
J. Phys. Soc. Jpn. **86** (2017) 044601(6).  
DOI : <https://doi.org/10.7566/JPSJ.86.044601>  
査読 : 有り
2. K. Wakiya, T. Onimaru, K. T. Matsumoto, Y. Yamane, N. Nagasawa, K. Umeo, S. Kittaka, T. Sakakibara, Y. Matsushita, and T. Takabatake, “Structural, Magnetic, and Superconducting Properties of Caged Compounds  $\text{ROs}_2\text{Zn}_{20}$  ( $R = \text{La, Ce, Pr, and Nd}$ )”  
J. Phys. Soc. Jpn. **86**, 034707 (2017).  
DOI: 10.7566/JPSJ.86.034707  
査読 : 有り
3. T. Yoshida, Y. Machida, K. Izawa, Y. Shimada, N. Nagasawa, T. Onimaru, T. Takabatake, A. Gourgout, A. Pourret, G. Knebel, and J.-P. Brison, “Anisotropic B-T Phase Diagram of Non-Kramers System  $\text{PrRh}_2\text{Zn}_{20}$ ”  
J. Phys. Soc. Jpn. **86**, 044711 (2017).  
DOI: 10.7566/JPSJ.86.044711  
査読 : 有り
4. S. Kamikawa, I. Ishii, Y. Noguchi, H. Goto, T. K. Fujita, F. Nakagawa, H. Tanida, M. Sera, and T. Suzuki, “Elastic Softening in  $\text{HoFe}_2\text{Al}_{10}$  due to the Quadrupole Interaction under an Orthorhombic Crystal Electric Field”  
J. Phys. Soc. Jpn. **85** (2016) 074604(6).

DOI : <http://doi.org/10.7566/JPSJ.85.074604>

査読 : 有り

5. T. Onimaru and H. Kusunose, “Exotic Quadrupolar Phenomena in Non-Kramers Doublet Systems - The Cases of  $\text{PrT}_2\text{Zn}_{20}$  ( $T = \text{Ir, Rh}$ ) and  $\text{PrT}_2\text{Al}_{20}$  ( $T = \text{V, Ti}$ )”  
J. Phys. Soc. Jpn. **85**, 082002-1-22 (2016).  
DOI: 10.7566/JPSJ.85.082002  
査読 : 有り
6. T. Onimaru, K. Izawa, K. T. Matsumoto, T. Yoshida, Y. Machida, T. Ikeura, K. Wakiya, K. Umeo, S. Kittaka, K. Araki, T. Sakakibara, and T. Takabatake, “Quadrupole-Driven Non-Fermi Liquid and Magnetic-Field Induced Heavy Fermion States in a Non-Kramers Doublet System”  
Phys. Rev. B **94**, 075134-1-8 (2016).  
DOI: 10.1103/PhysRevB.94.075134  
査読 : 有り
7. I. Ishii, H. Goto, S. Kamikawa, S. Yasin, S. Zherlitsyn, J. Wosnitzer, T. Onimaru, K. T. Matsumoto, T. Takabatake, and T. Suzuki, “Exotic Ground State and Elastic Softening under Pulsed Magnetic Fields in  $\text{PrTr}_2\text{Zn}_{20}$  ( $Tr = \text{Rh, Ir}$ )”  
J. Phys. Soc. Jpn. **85** (2016) 043601(4).  
DOI : <http://doi.org/10.7566/JPSJ.85.043601>  
査読 : 有り
8. K. Wakiya, T. Onimaru, S. Tsutsui, T. Hasegawa, K. T. Matsumoto, N. Nagasawa, A. Q. R. Baron, N. Ogita, M. Udagawa, T. Takabatake, “Low-energy optical phonon modes in the caged compound  $\text{LaRu}_2\text{Zn}_{20}$ ”  
Phys. Rev. B **93**, 064105/1-6, 2016  
DOI: 10.1103/PhysRevB.93.064105  
査読 : 有り
9. T. Onimaru, K. Uenishi, Y. Yamane, K. Wakiya, K. T. Matsumoto, K. Umeo and T. Takabatake, “Effect of Ga Substitution on the  $\Gamma_3$  Doublet Ground State in  $\text{PrIr}_2\text{Zn}_{20}$ ”  
J. Phys.: Conf. Series **683**, 012011/1-7 (2016).  
DOI:10.1088/1742-6596/683/1/012011  
査読 : 有り
10. T. Yoshida, Y. Machida, K. Izawa, T. Onimaru, and H. S. Suzuki, “Non-Fermi Liquid Properties in a Cubic Pr-Based Compound  $\text{PrPb}_3$  under Magnetic Fields”  
J. Phys.: Conf. Series **683**, 012031/1-6 (2016).  
DOI:10.1088/1742-6596/683/1/012031  
査読 : 有り
11. X. Xi, I. Ishii, Y. Noguchi, H. Goto, S. Kamikawa, K. Araki, K. Katoh, and T. Suzuki, “The Crystal Electric Field Effect on  $4f$ -Hole and Magnetic Phase Diagram in Heavy-Fermion Compound  $\text{YbPtGe}$  Determined from Ultrasonic Measurements”

J. Phys. Soc. Jpn. **84** (2015) 124602(6).

DOI : <http://dx.doi.org/10.7566/JPSJ.84.124602>

査読 : 有り

12. T. Suzuki, H. Goto, I. Ishii, Y. Noguchi, S. Kamikawa, K. Suekuni, H. I. Tanaka, and T. Takabatake,

“Elastic softening in the tetrahedrite  $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ ”

Physics Procedia **75** (2015) 443-446.

DOI : 10.1016/j.phpro.2015.12.054

査読 : 有り

13. I. Ishii, Y. Noguchi, H. Goto, X. Xi, S.

Kamikawa, K. Araki, K. Katoh, and T.

Suzuki,

“Elastic softening in the orthorhombic compound  $\text{YbPdGe}$ ”

Physics Procedia **75** (2015) 166-170.

DOI : 10.1016/j.phpro.2015.12.022

査読 : 有り

14. S. Kamikawa, I. Ishii, Y. Noguchi, H. Goto, T.

K. Fujita, F. Nakagawa, H. Tanida, M. Sera,

and T. Suzuki,

“Elastic softening in  $\text{HoFe}_2\text{Al}_{10}$ ”

Physics Procedia **75** (2015) 187-191.

DOI : 10.1016/j.phpro.2015.12.024

査読 : 有り

15. X. Xi, I. Ishii, Y. Noguchi, H. Goto, S.

Kamikawa, K. Araki, K. Katoh, and T.

Suzuki,

“Elastic softening and phase transition characteristics in  $\text{YbPtGe}$ ”

Physics Procedia **75** (2015) 516-521.

DOI : 10.1016/j.phpro.2015.12.065

査読 : 有り

16. T. Suzuki, Y. Noguchi, I. Ishii, H. Goto, S.

Kamikawa, T. K. Fujita, and K. Katoh,

“Elastic anomalies of  $\text{YbIrGe}$  in magnetic fields”

J. Phys.: Conf. Proc. **592** (2015) 012018.

DOI:[http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/592/1/](http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/592/1/012018)

012018

査読 : 有り

17. K. T. Matsumoto, T. Onimaru, K. Wakiya, K.

Umeo, T. Takabatake,

“Effect of La substitution in  $\text{PrIr}_2\text{Zn}_{20}$  on the superconductivity and antiferro-quadrupolar order”

J. Phys. Soc. Jpn. **84**, 063703/1-4, 2015.

DOI: 10.7566/JPSJ.84.063703

査読 : 有り

18. Y. Yamada, J. Kawabata, T. Onimaru, T.

Takabatake,

“Anisotropic thermopower of the antiferromagnetic Kondo semiconductor  $\text{CeOs}_2\text{Al}_{10}$  doped with 5d electrons and holes”

J. Phys. Soc. Jpn. **84**, 084705/1-5, 2015.

DOI: 10.7566/JPSJ.84.084705

査読 : 有り

19. T. Yoshida, Y. Machidam K. Izawa, Y.

Shimada, N. Nagasawa, T. Onimaru, T.

Takabatake

“Common anomalies of transport properties in  $\text{PrTr}_2\text{Zn}_{20}$  (Tr=Ir, Rh) with non-Kramers doublet ground state”

Phys. Procedia **75**, 529-536, 2015.

DOI: 10.1016/j.phpro.2015.12.067

査読 : 有り

20. Y. Machida, T. Yoshida, T. Ikeura, K. Izawa,

A. Nakama, R. Higashinaka, Y. Aoki, H. Sato, A.

Sakai, S. Nakatsuji, N. Nagasawa, K. Matsumoto,

T. Onimaru, and T. Takabatake,

“Anomalous Enhancement of Seebeck Coefficient in Pr-Based 1-2-20 System with Non-Kramers Doublet Ground States”

Journal of Physics: Conference Series **592**, 012025-1-9, 2015.

DOI: 10.1088/1742-6596/592/1/012025

査読 : 有り

(他 8 件)

[学会発表] (計 8 8 件)

1. I. Ishii, K. Takezawa, H. Goto, S. Kamikawa, A. V. Andreev, D. I. Gorbunov, M. S. Henriques, and T. Suzuki,

“Ultrasonic study on the hexagonal antiferromagnet  $\text{Dy}_3\text{Ru}_4\text{Al}_{12}$ ”

International Conference on Strongly Correlated Electron Systems

2016/05/08-2016/05/13, Hangzhou, China

2. S. Kamikawa, I. Ishii, H. Goto, K. Takezawa, F.

Nakagawa, H. Tanida, M. Sera, and T. Suzuki,

“Anomalous antiferromagnetic phase diagram in  $\text{HoRu}_2\text{Al}_{10}$ ”

International Conference on Strongly Correlated Electron Systems

2016/05/08-2016/05/13, Hangzhou, China

3. X. Xi, I. Ishii, Y. Noguchi, H. Goto, S.

Kamikawa, K. Araki, K. Katoh, and T. Suzuki,

“Elastic softening in the metallic antiferromagnet  $\text{YbCuGe}$ ”

International Conference on Strongly Correlated Electron Systems

2016/05/08-2016/05/13, Hangzhou, China

4. T. Onimaru (Invited),

“Quadrupole-driven exotic phenomena in non-Kramers doublet systems”

13th German-Japanese symposium: Effects of

Parity Mixing in Correlated Electron Systems  
Hokkaido, 27th September 2016.

5. 石井勲, 竹澤巧基, 上川修平, 水野拓陽, 二宮博樹, 松本裕司, 大原繁男, 鈴木孝至  
「カイラル化合物 DyNi<sub>3</sub>Ga<sub>9</sub> における強四極子秩序と磁場中相図」

日本物理学会 第 72 回年次大会 2017 年 3 月 大阪大学豊中キャンパス

期間: 2017/03/17-2017/03/20

6. 上川修平, 石井勲, 竹澤巧基, 酒見龍裕, 谷田博司, 世良正文, 鈴木孝至

「斜方晶化合物 HoRu<sub>2</sub>Al<sub>10</sub> における磁場誘起四極子秩序」

日本物理学会 第 72 回年次大会 2017 年 3 月 大阪大学豊中キャンパス

期間: 2017/03/17-2017/03/20

7. 小川純平, 佐賀範彰, 吉田太地, 町田洋, 井澤公一, 長澤直裕, 鬼丸孝博, 高島敏郎

「PrT<sub>2</sub>Zn<sub>20</sub> (T=Ir, Rh) のホール抵抗率」

日本物理学会 第 72 回年次大会 2017 年 3 月 大阪大学豊中キャンパス

期間: 2017/03/17-2017/03/20

8. 竹澤巧基, 石井勲, 上川修平, 水野拓陽, 二宮博樹, 松本裕司, 大原繁男, 鈴木孝至,

「キラル化合物 DyNi<sub>3</sub>Ga<sub>9</sub> の磁場中弾性率」

日本物理学会 第 72 回年次大会 2017 年 3 月 大阪大学豊中キャンパス

期間: 2017/03/17-2017/03/20

9. 江藤徹二郎, 赤木健太, 高嶋絵里奈, 野田常雄, 鈴木孝至, 前野悦輝, 中村文彦,

「モット転移系 Ca<sub>2</sub>RuO<sub>4</sub> の圧力・電場下比熱測定 II」

日本物理学会 第 72 回年次大会 2017 年 3 月 大阪大学豊中キャンパス

期間: 2017/03/17-2017/03/20

10. 石井勲, 竹澤巧基, 上川修平, A. V. Andreev, D. I. Gorbunov, M. S. Henriques, 鈴木孝至,

「超音波による Dy<sub>3</sub>Ru<sub>4</sub>Al<sub>12</sub> の反強磁性秩序と結晶場効果の研究」

日本物理学会 2016 年秋季大会 2016 年 9 月 金沢大学角間キャンパス

期間: 2016/09/13-2016/09/16

11. 上川修平, 石井勲, 後藤弘季, 中川史也, 谷田博司, 世良正文, 鈴木孝至,

「HoRu<sub>2</sub>Al<sub>10</sub> の磁場中弾性率 II」

日本物理学会 2016 年秋季大会 2016 年 9 月 金沢大学角間キャンパス

期間: 2016/09/13-2016/09/16

12. Xiaojuan Xi, 石井勲, 野口慈仁, 後藤弘季, 上川修平, 荒木幸治, 加藤健一, 鈴木孝至,

「反強磁性化合物 YbCuGe の弾性率異常」

日本物理学会 2016 年秋季大会 2016 年 9 月 金沢大学角間キャンパス

期間: 2016/09/13-2016/09/16

13. 江藤徹二郎, 赤木健太, 高嶋絵里奈, 野田常雄, 鈴木孝至, 中村文彦,

「モット転移系 Ca<sub>2</sub>RuO<sub>4</sub> の圧力・電場下比熱測定」

日本物理学会 2016 年秋季大会 2016 年 9 月 金沢大学角間キャンパス

期間: 2016/09/13-2016/09/16

14. 三田村裕幸, E. Kampert, T. Foerster, K. Goetze, S. Zherlitsyin, J. Wosnitza, 榊原俊郎, 脇舎和平, 松本圭介, 鬼丸孝博, 高島敏郎,

「PrT<sub>2</sub>Zn<sub>20</sub> (T=Ir, Rh) のパルス強磁場中磁気抵抗測定」

日本物理学会 2016 年秋季大会 2016 年 9 月 金沢大学角間キャンパス

期間: 2016/09/13-2016/09/16

15. X. Xi, I. Ishii, Y. Matsumoto, H. Goto, K. Takezawa, S. Kamikawa, H. Ninomiya, Y. Matsumoto, S. Ohara, and T. Suzuki,

“Ultrasonic study on the chiral rare-earth compound YbNi<sub>3</sub>Al<sub>9</sub>”

Core-to-Core International Meeting  $\chi$ Mag2016 Symposium (February, 2016, Hiroshima, Japan)

期間: 2016/02/21-2016/02/24

16. T. Suzuki, H. Goto, I. Ishii, Y. Noguchi, S. Kamikawa, K. Suekuni, H.I. Tanaka, and T. Takabatake,

“Elastic softening in the tetrahedrite Cu<sub>12</sub>Sb<sub>4</sub>S<sub>13</sub>”

20th International Conference on Magnetism (July, 2015, Barcelona, Spain)

期間: 2015/07/05-2015/07/10

17. I. Ishii, Y. Noguchi, H. Goto, X. Xi, S. Kamikawa, K. Araki, K. Katoh, and T. Suzuki,

“Elastic softening in the orthorhombic compound YbPdGe”

20th International Conference on Magnetism (July, 2015, Barcelona, Spain)

期間: 2015/07/05-2015/07/10

18. S. Kamikawa, I. Ishii, Y. Noguchi, H. Goto,

T.K. Fujita, F. Nakagawa, H. Tanida, M. Sera, and T. Suzuki,

“Elastic softening in HoFe<sub>2</sub>Al<sub>10</sub>”

20th International Conference on Magnetism (July, 2015, Barcelona, Spain)

期間：2015/07/05-2015/07/10

19. X. Xi, I. Ishii, Y. Noguchi, H. Goto, S. Kamikawa, K. Araki, K. Katoh, and T. Suzuki,

“Elastic softening and phase transition characteristics in YbPtGe”

20th International Conference on Magnetism (July, 2015, Barcelona, Spain)

期間：2015/07/05-2015/07/10

20. 石井勲, 竹澤巧基, Xiaojuan Xi, 後藤弘季, 上川修平, 二宮博樹, 松本裕司, 大原繁男, 鈴木孝至,

「超音波によるカイラル化合物 DyNi<sub>3</sub>Ga<sub>9</sub> の逐次相転移の研究」

日本物理学会 第 71 回年次大会 2016 年 3 月 東北学院大学泉キャンパス

期間：2016/03/19-2016/03/22

21. 上川修平, 石井勲, 後藤弘季, 中川史也, 谷田博司, 世良正文, 鈴木孝至,

「HoRu<sub>2</sub>Al<sub>10</sub>の磁場中弾性率」

日本物理学会 第 71 回年次大会 2016 年 3 月 東北学院大学泉キャンパス

期間：2016/03/19-2016/03/22

22. Xiaojuan Xi 石井勲, 松本康宏, 後藤弘季, 竹澤巧基, 上川修平, 二宮博樹, 松本裕司, 大原繁男, 鈴木孝至,

「キラル構造を持つ希土類化合物 YbNi<sub>3</sub>Al<sub>9</sub> の弾性率」

日本物理学会 第 71 回年次大会 2016 年 3 月 東北学院大学泉キャンパス

期間：2016/03/19-2016/03/22

23. 石井勲, 竹澤巧基, Xiaojuan Xi, 後藤弘季, 上川修平, 二宮博樹, 松本裕司, 大原繁男, 鈴木孝至,

「キラル化合物 DyNi<sub>3</sub>Ga<sub>9</sub> の多段磁気転移における弾性異常」

J-Physics: 多極子伝導系の物理 キックオフミーティング 2015 年 9 月 神戸大学統合研究拠点コンベンションホール

期間：2015/09/14-2015/09/15

24. T. Suzuki (invited),

“Ultrasonic Detection of Magnetic Transitions and 4f Electronic States Split by a Crystal Electric Field Effect”

Chemical Physics of Molecules and Polyfunctional Materials (invited) (November, 2014, Orenburg, Russian)

期間：2014/10/29-2014/10/31

25. T. Suzuki, Y. Noguchi, I. Ishii, H. Goto, S. Kamikawa, T. K. Fujita, and K. Katoh,

“Elastic anomalies of YbIrGe in magnetic fields”

International Conference on Strongly Correlated Electron Systems SCES2014 (July, 2014, Grenoble, France)

期間：2014/07/07-2014/07/11

(他 6 3 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/ltlab/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鈴木 孝至 (SUZUKI Takashi)

広島大学・大学院先端物質科学研究科・教授

研究者番号：00192617

### (2) 研究分担者

鬼丸 孝博 (ONIMARU Takahiro)

広島大学・大学院先端物質科学研究科・准教授

研究者番号：50444708

中村 文彦 (NAKAMURA Fumihiko)

久留米工業大学・教育創造工学科・教授

研究者番号：40231477

### (3) 連携研究者

石井 勲 (ISHII Isao)

広島大学・大学院先端物質科学研究科・助教

研究者番号：20444713