

平成 22 年 6 月 10 日現在

研究種目：新学術領域研究
 研究期間：2008 ～ 2009
 課題番号：20740191
 研究課題名（和文） 超高感度マイクロ磁化測定装置によるフラストレートした磁性体の量子現象の解明
 研究課題名（英文） Studies of quantum phenomena in frustrated magnets with ultra high precision micro-magnetometer
 研究代表者
 松本 洋介 (MATSUMOTO YOSUKE)
 東京大学・物性研究所・助教
 研究者番号：90422443

研究成果の概要(和文) : Yb 系重い電子超伝導体 β -YbAlB₄ およびその類縁物質について、0.3mT から 7 T に及ぶ幅広い磁場範囲と 0.02 K から室温に至る幅広い温度域において、精密磁化測定を行った。これらの測定から、特に β -YbAlB₄ の磁化が発散的な温度依存性を示し、さらにその温度微分が T/B スケーリングを満たすこと、またさらに、このことから、この系が非従来型の量子臨界性を示し、零磁場量子臨界点が実現していることを明らかにした。

研究成果の概要(英文) : High precision magnetization measurements have been performed for Yb-based heavy Fermion superconductor β -YbAlB₄ and its related compounds in wide range of temperature ($0.3 \text{ mT} \leq B \leq 7 \text{ T}$) and magnetic field ($0.02 \text{ K} \leq T \leq 300 \text{ K}$). These measurements revealed its divergent temperature dependence in magnetization and T/B scaling in the temperature derivatives i.e., dM/dT . This observation clarifies the unconventional quantum criticality and zero-field quantum critical point in β -YbAlB₄.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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：磁性

1. 研究開始当初の背景

磁化は磁性体の研究において最も基本的な物理量の一つである。特に、フラストレーション磁性体の新奇な基底状態の研究や、重い電子系における量子臨界現象の詳細な議論には、純良な単結晶試料を用いた、極低温での精密磁化測定が

必要になる場合が多い。

2. 研究の目的

超精密磁化測定を通して、特に、我々のグループにより発見された Yb 系重い電子超伝導体 β -YbAlB₄ について、その量子臨界性の詳細を調べることを目的として研究を行った。

3. 研究の方法

磁化測定は 0.3 mT から 7 T の 4 桁に及ぶ幅広い磁場範囲と 0.02 K から室温に至る幅広い温度域において行った。2 K 以下の低温域、50 mT 以下の低磁場領域においては、 ^3He - ^4He 希釈冷凍機に組み込んだ超高感度の SQUID 磁化測定装置を用い、2 K 以下、50 mT 以上の低温高磁場領域では、高感度ファラデー法磁化測定装置を用いた。2 K から室温までの磁化測定には市販の SQUID 磁化測定装置を利用した。また、測定には純良な単結晶試料のみを用いた。結晶の純良性は残留抵抗比(室温の電気抵抗率を低温極限における電気抵抗率で割った値でこの値が高いほど、結晶に含まれる不純物、欠陥が少ないと考えられる)によって評価し、特に 2 K 以下での測定においては、この値が 140 以上の試料のみを用いた。

4. 研究成果

$\beta\text{-YbAlB}_4$ は零磁場近傍の常伝導状態において、電気伝導度、比熱、磁化が顕著な非フェルミ液体性を示すことが分かっているが、今回の測定から、磁化が零磁場近傍で絶対零度に向かい $T^{-0.5}$ の冪乗則に従う発散的な温度依存性を示すこと、さらに磁化の温度微分が T/B スケーリングを示すことが明らかになった。この結果から、この系の量子臨界性が、スピン揺らぎの理論で説明のできない非従来型であり、加えて、実験精度の範囲内で実質的に零磁場量子臨界点の実現していることが分かった。

また、零磁場での基底状態がフェルミ液体である類縁物質 $\alpha\text{-YbAlB}_4$ についても、3 T 程度の磁場下でメタ磁性を示すこと、さらに、Al サイトに Fe をドーピングした場合、1%程度のドーピングで、常圧下の $\beta\text{-YbAlB}_4$ と同様の発散的な磁化の温度依存性が観測されるなど、ドーピングにより量子臨界点の実現することが分かってきた。これらの結果は、 $\beta\text{-YbAlB}_4$ における零磁場量子臨界点の起源を明らかにする上で重要な結果と考えられる。

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 4 件)

- ① 松本洋介, 久我健太郎, 柄木良友, 富田崇弘, 中辻知, Low-temperature magnetization of the quantum critical heavy fermion superconductor $\beta\text{-YbAlB}_4$, *physica status solidi (b)*, vol. 247, 2010, 720-722, 査読あり
- ② 中辻知, 久我健太郎, 富田崇弘, 松本洋介, Pronounced non-Fermi-liquid

behavior of the quantum critical heavy fermion superconductor $\beta\text{-YbAlB}_4$, *physica status solidi (b)*, vol. 247, 2010, 485-489, 査読あり

- ③ 深澤英人, 松本洋介 他 13 名, Multiple Gap Superconductivity with Line Node in Heavily Hole-Doped Superconductor KFe_2As_2 Studied by ^{75}As -NQR and Specific Heat, *Journal of the Physical Society of Japan*, vol. 78, 2009, 083712, 査読あり
- ④ 久我健太郎, 柄木良友, 松本洋介, 町田洋, 中辻知, Superconducting Properties of the Non-Fermi-Liquid System $\beta\text{-YbAlB}_4$, *PHYSICAL REVIEW LETTERS*, vol. 101, 2008, 137001-1-137004-4, 査読あり

[学会発表] (計 26 件)

- ① 松本洋介, 重い電子系 $\beta\text{-YbAlB}_4$ の零磁場量子臨界点と非フェルミ液体-フェルミ液体クロスオーバー, 日本物理学会 2009 年秋季大会, 2009 年 9 月 28 日, 熊本大学黒髪キャンパス
- ② 松本洋介, Zero-Field Quantum Criticality in the Heavy Fermion $\beta\text{-YbAlB}_4$: Divergence of Magnetocaloric Effect and Scaling in Thermodynamic, 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity, 2009 年 9 月 8 日, 京王プラザホテル, 新宿
- ③ 松本洋介, Diverging Magnetocaloric Effect and Scaling in Thermodynamic Properties in the Heavy Fermion System $\beta\text{-YbAlB}_4$, International Conference on Quantum Criticality and Novel Phases "QCNP'09", 2009 年 8 月 5 日, Dresden(Germany)
- ④ 松本洋介, Superconducting Properties and Non-Fermi-Liquid Behavior in the Heavy Fermion System $\beta\text{-YbAlB}_4$, 25th International Conference on Low Temperature Physics, 2008 年 8 月 9 日, Amsterdam(Netherlands)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :

国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://satoru.issp.u-tokyo.ac.jp/index.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松本 洋介 (MATSUMOTO YOSUKE)
東京大学・物性研究所・助教
研究者番号：90422443

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：