

# 重い電子系金属 YbRh<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> の量子臨界点における回転磁気グリューナイズン比の検証

中央大理工, CEA-Grenoble<sup>A</sup>, 東北大金研<sup>B</sup>, 東大物性研<sup>C</sup>

河野 洋平、Gérard Lapertot<sup>A</sup>、清水 悠晴<sup>B</sup>、青木 大<sup>B</sup>、榊原 俊郎<sup>C</sup>、橘高 俊一郎

Verification of the Rotational Magnetic Grüneisen Ratio around the Quantum Critical Point of the Heavy-fermion Metal YbRh<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>

Department of Physics, Chuo Univ., CEA-Grenoble<sup>A</sup>, IMR, Tohoku Univ.<sup>B</sup>, ISSP, Univ. of Tokyo<sup>C</sup>

Yohei Kono, Gérard Lapertot<sup>A</sup>, Yusei Shimizu<sup>B</sup>, Dai Aoki<sup>B</sup>, Toshiro Sakakibara<sup>C</sup>, Shunichiro Kittaka

磁化の温度微分と比熱の比、あるいは磁気熱量効果から定義される磁気グリューナイズン比  $\Gamma_H = (\partial M / \partial T)_H / C = (\partial T / \partial H)_S / T$  は、磁場誘起量子臨界点 (QCP) において発散を示すことが理論的に予測されており、量子臨界現象の普遍性を議論する上で重要な量である [1]。実験的にも、磁場誘起 QCP を示す重い電子系の典型例である YbRh<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> [2] や、ゼロ磁場 QCP が提案されている擬カゴメ近藤格子 CeRhSn [3]、及び量子スピナイス Pr<sub>2</sub>Ir<sub>2</sub>O<sub>7</sub> [4] 等の量子臨界領域において、実際に  $\Gamma_H$  の特徴的な発散が確認されている。

我々は最近、系の異方性も含めた量子臨界性を議論するための新たな物理量として、回転磁気グリューナイズン比  $\Gamma_\phi = -(\partial T / \partial \phi_H)_{S,H} / TH_\perp$  を定義し、その適用可能性について検証を行っている [5]。ここで、 $\phi_H$  はある結晶軸方向と磁場がなす角度、 $H_\perp$  はその軸方向と垂直な磁場成分である。また、 $(\partial T / \partial \phi_H)_{S,H}$  は回転(磁場角度分解)磁気熱量効果であり、一定磁場下で試料を回転させた際の温度変化に対応する [6]。これまで、CeRhSn の類型物質である CeIrSn において  $\Gamma_\phi$  を適用することで、容易軸方向の磁場が臨界性を制御するよいパラメータとして、Pr<sub>2</sub>Ir<sub>2</sub>O<sub>7</sub> に類似したゼロ磁場 QCP 的振る舞いやスケーリングが確認されている [5]。一方、ゼロ磁場 QCP は特殊な条件下にあり、より一般の磁場誘起 QCP での検証が必要である。

今回、我々は前述の YbRh<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> に対し回転磁気グリューナイズン比  $\Gamma_\phi$  を適用したので、その結果を報告する。磁場角度分解磁気熱量効果 (MCE) 測定の結果 [7] を用いて見積もった 0.1K における  $\Gamma_\phi$  は、磁場の容易面 (*ab* 面) 方向成分  $H_{||a}$  をパラメータとして、 $H_{||a}$  での臨界磁場と同じ  $H_{c,||a} \sim 0.066$  T でピークを持つ発散傾向を示した。また、 $H_{||a}$  方向での通常の MCE 測定から見積もった  $\Gamma_H$  とよい一致を示し、 $\Gamma_H$  で予想される QCP における発散 [1] と同様に  $\Gamma_\phi \sim 1/|H_{||a} - H_{c,||a}|$  の形でよく再現した。これは YbRh<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> の量子臨界領域においては磁場の容易面方向成分  $H_{||a}$  が臨界性のよい制御パラメータであり、困難軸方向成分に robust であることを示唆しており、以前報告した磁場角度分解比熱測定の結果 [8] と矛盾しない。

当日は上記の結果含め、回転磁気グリューナイズン比  $\Gamma_\phi$  の適用可能性について議論し、可能であれば他の温度域での測定結果も報告したい。

[1] L. Zhu *et al*, PRL **91**, 066404 (2003). [2] Y. Tokiwa *et al*, PRL **102**, 066401 (2009).

[3] Y. Tokiwa *et al*, Sci. Adv. **1**, e1500001 (2015).

[4] Y. Tokiwa *et al*, Nat. Mat. **13**, 356 (2014).

[5] 湯浅 翔平 他, 19aA205-6, 日本物理学会第 78 回年次大会 (2023).

[6] S. Kittaka *et al.*, JPSJ **87**, 073601 (2018).

[7] 河野 洋平 他, 23aH1-3, 日本物理学会 2023 年春季大会 (2023).

[8] 河野 洋平 他, 13aW541-1, 日本物理学会 2022 年秋季大会 (2022).